

**DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA MEDICIÓN DE LOS  
PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA SOBRE EL RÍO CAUCA EN LA RED  
AUTOMÁTICA DE MONITOREO DE LA CVC**

**DANIEL ANDRÉS TORRES TRUJILLO**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA  
PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRONICA  
SANTIAGO DE CALI  
2009**

**DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA MEDICIÓN DE LOS  
PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA SOBRE EL RÍO CAUCA EN LA RED  
AUTOMÁTICA DE MONITOREO DE LA CVC**

**DANIEL ANDRÉS TORRES TRUJILLO**

**Pasantía Institucional para optar al título de Ingeniero Electrónico**

**Director  
JOHNNY POSADA CONTRERAS  
Ingeniero Electrónico**

**Asesor  
HAROLD ORLANDO GONZÁLEZ  
Profesional Especializado  
CVC**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA  
PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRONICA  
SANTIAGO DE CALI  
2009**

**Nota de aceptación:**

**Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Electrónico**

**JHONNY POSADA CONTRERAS**

**Director**

**MARIO ANDRÉS GANDINI AYERBE**

**Jurado**

**HECTOR JOSE GOMEZ**

**Jurado**

**Santiago de Cali, 9 de Junio de 2009**

Dedicado a mi madre *Francineth Trujillo Perez*, quien con su apoyo incondicional, día a día me dio la alegría y oportunidad de llegar a ser un Profesional. A ella mil y mil bendiciones.

Daniel Andrés Torres Trujillo

## **AGRADECIMIENTOS**

Doy gracias a Dios y a mi Madre por darme la oportunidad de culminar con esta etapa quizá una de las mas importante y enriquecedora de mi vida, quienes sin su sustento espiritual y emocional no hubiese alcanzado el éxito profesional a tan pronta edad. Doy gracias a esas personas que incondicionalmente estuvieron aportando en mi formación profesional, a docentes, familiares y amigos, quienes con su apoyo, paciencia, retos, formación y convicción, contribuyeron en el transcurso de esta fase de mi vida y mi carrera universitaria para finalmente llegar a ser un Ingeniero Electrónico, a ellos gracias.

Mis más sinceros agradecimientos a el Ingeniero Johnny Posada Contreras, por contribuir en mi formación profesional y aun más personal, agradezco tu formalidad, responsabilidad y profesionalismo para afrontar la vida laboral.

Agradezco al señor Harold González Pabón Coordinador de la Red de Hidroclimatología CVC y al Ingeniero Diego Sarmiento por brindarme la oportunidad, confianza y responsabilidad, de poner en práctica mis conocimientos en la Corporación, gracias a ellos por su apoyo.

Un agradecimiento especial al personal que conforma a la Corporación Autónoma Regional Del Valle del Cauca CVC.

Y a todas las personas que estuvieron involucrados de una u otra forma al proyecto.

GRACIAS.

## CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO	16
RESUMEN	18
INTRODUCCIÓN	19
JUSTIFICACIÓN	21
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
OBJETIVOS	24
METODOLOGIA	25
1. CONTEXTUALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.	26
1.1. RESEÑA HISTÓRICA	27
1.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO	28
2. MARCO DE TEÓRICO – CONCEPTUAL.	30
2.1. ANTECEDENTES	30
2.1.1. Red de Monitoreo ambiental CVC.	32
2.1.1.1. Objetivos de la Red	32
2.1.1.2. Componentes de las estaciones	32
2.1.2. Descripción de los actores asociados al problema	35
2.1.3. Descripción de las alternativas de solución.	36

2.1.4. Área de influencia del proyecto	36
2.1.5. Población beneficiada	36
2.1.6. Relación entre el problema y objetivos	37
2.2. ESPECIFICACIONES, NECESIDADES Y RESTRICCIONES	38
2.2.1. Necesidades y requerimientos técnicos	39
2.2.1.1. Necesidades	39
2.2.1.2. Requerimientos técnicos	39
2.2.2. Premisas y Restricciones	40
2.3. CONCEPTUALIZACION	40
2.3.1. Calidad de agua	41
2.3.1.1. Parámetros de Calidad de Agua	42
2.3.2. Técnicas de medición de parámetros de calidad de agua.	48
2.3.2.1. Técnicas de medición de Oxígeno Disuelto	49
2.3.2.2. Técnicas de medición de pH	53
2.3.2.3. Técnicas de Medición de Conductividad	57
2.3.2.4. Técnicas de Medición de Turbidez	62
2.3.3. Sistema de transmisión GOES	67
2.3.3.1. Sistema Terrestre NESDIS	68
2.3.3.2. Actuales Modos de Operación	70
2.4. CONCLUSIONES DE CAPÍTULO	70
3. TRABAJO DE CAMPO – RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS	73
3.1. ANÁLISIS RÍO CAUCA	73

3.1.1. Ubicación geográfica de las estaciones automáticas	73
3.1.2. Datos Históricos de indicadores de Calidad de agua	74
3.1.2.1. Evolución del pH en el Río Cauca	75
3.1.2.2. Evolución de la Temperatura en el Río Cauca	77
3.1.2.3. Evolución de la Turbidez en el Río Cauca	79
3.1.2.4. Evolución del Oxígeno Disuelto en el Río Cauca	81
3.1.2.5. Evolución de la Conductividad en el Río Cauca	82
3.2. CONCLUSIONES DE CAPÍTULO	84
 4. DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRONICO DE LA ESTACION DE CALIDAD DE AGUA.	 86
4.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	86
4.1.1. Sistema de Alimentación (PWR)	87
4.1.2. Sistema de Transmisión de Datos (STD)	88
4.1.3. Sistema de Adquisición de Datos (SAD)	89
4.1.4. Red de Sensores y Partner	89
4.2. DIAGRAMAS DE BLOQUES ESTACIÓN AUTOMÁTICA	90
4.2.1. DIAGRAMA ESTACIÓN AUTOMÁTICA (PRIMER NIVEL)	90
4.2.1.1. Descripción del Diseño	91
4.2.2. DIAGRAMA ESTACIÓN AUTOMÁTICA (SEGUNDO NIVEL)	92
4.2.3. DIAGRAMA RED DE SENSORES	93
4.2.3.1. Descripción del diseño	93
4.3. CONCLUSIONES DE CAPÍTULO	95



5. ESPECIFICACIONES DE LAS ESTACIONES PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE AGUA	96
5.1. SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS	96
5.1.1. Sistema de alimentación	96
5.1.1.1. Fuente De Alimentación Ininterrumpida (UPS)	96
5.1.1.2. Fuentes de alimentación	98
5.1.2. Sondas de Medición	100
5.1.2.1. Sonda de pH.	100
5.1.2.2. Sonda de Conductividad.	101
5.1.2.3. Sonda de Turbidez.	101
5.1.2.4. Sonda de Oxígeno Disuelto	102
5.1.2.5. Sensores de Nivel.	102
5.1.2.6. Sensor de Precipitación.	103
5.1.2.7. TRASMISOR.	103
5.1.3. Sistema de Adquisición de Datos (data-logger).	104
5.1.4. Sistema de Transmisión de datos (Trasmisor GOES).	105
5.1.4.1. Antena GOES.	106
5.2. PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL	107
5.3. MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE LA ESTACIÓN.	108
5.4. CONCLUSIONES DE CAPÍTULO	108
CONCLUSIONES GENERALES	110
BIBLIOGRAFIA	113
ANEXOS	115

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Relación entre el problema y los objetivos	37
Tabla 2. Niveles de conductividad en el Agua.	46
Tabla 3. Tabla comparativa de técnicas de medición oxígeno disuelto	52
Tabla 4. Tabla comparativa de técnicas de medición pH	56
Tabla 5. Tabla comparativa de técnicas de medición de Conductividad	61
Tabla 6. Tabla comparativa de técnicas de medición de Turbidez	66
Tabla 7. Tabla ubicación estaciones automáticas	74
Tabla 8. Tabla de datos de niveles máximos y mínimos registrados en las estaciones TABLANCA, JUANCHITO, CARTÓN COLOMBIA y ANACARO.	75
Tabla 9. Niveles Máximos y mínimos registrados de pH estaciones (Tablanca - Juanchito - Cartón Colombia - Anacaro)	77
Tabla 10. Niveles Máximos y mínimos registrados de Temperatura estaciones (Tablanca - Juanchito - Cartón Colombia - Anacaro)	78
Tabla 11. Niveles Máximos y mínimos registrados de Turbidez (Tablanca - Juanchito - Cartón Colombia - Anacaro)	80
Tabla 12. Niveles Máximos y mínimos registrados de Oxígeno Disuelto estaciones (Tablanca - Juanchito - Cartón Colombia - Anacaro).	81
Tabla 13. Niveles Máximos y mínimos registrados de Conductividad estaciones (Tablanca - Juanchito - Cartón Colombia - Anacaro)	83
Tabla 14. Tabla máximos y mínimos para rangos de instrumentos	85
Tabla 15. Características de Fuente de Alimentación Ininterrumpida (UPS)	97
Tabla 16. Características de Fuente de Alimentación 12 VDC.	98
Tabla 17. Características de Fuente de Alimentación 24 VDC	99
Tabla 18. Características de Sonda de pH	100
Tabla 19. Características de Sonda de Conductividad	101

Tabla 20. Características de Sonda de Turbidez	101
Tabla 21. Características de Sonda de Oxígeno Disuelto	102
Tabla 22. Características de Sensores de Nivel	102
Tabla 23. Características de Sensor de Precipitación	103
Tabla 24. Características del TRASMISOR	103
Tabla 25. Características del Sistema de Adquisición de Datos	104
Tabla 26. Características del Sistema de Transmisión de Datos	105
Tabla 27. Características de la Antena GOES	106
Tabla 28. Históricos Río Cauca año 1996	115
Tabla 29. Históricos Río Cauca año 1997	116
Tabla 30. Históricos Río Cauca año 1998	117
Tabla 31. Históricos Río Cauca año 1999	118
Tabla 32. Históricos Río Cauca año 2000	119
Tabla 33. Históricos Río Cauca año 2001	120
Tabla 34. Históricos Río Cauca año 2002	121
Tabla 35. Históricos Río Cauca año 2003	122
Tabla 36. Históricos Río Cauca año 2004	123
Tabla 37. Históricos Río Cauca año 2006	124
Tabla 38. Información General Ficha técnica Tablanca.	125
Tabla 39. Información General Ficha técnica Juanchito	133
Tabla 40. Información General Ficha técnica Cartón Colombia (Paso la Torre)	141
Tabla 41. Información General Ficha Técnica Anacaro	149

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Organigrama CVC.	26
Figura 2. Modelo de estación Red Hidroclimatológica	33
Figura 3. Cilindro de pruebas	34
Figura 4. Poso de Aquietamiento	34
Figura 5. Escala de pH	45
Figura 6. Rangos de Conductividad en soluciones acuosas	47
Figura 7. Principio de medición Óptico	50
Figura 8. Principio de medición de OD	51
Figura 9. Esquema del electrodo	52
Figura 10. Electrodo de pH.	55
Figura 11. Electrodo diferencial	56
Figura 12. Medición de conductividad por electrodos	59
Figura 13. Medición inductiva de la conductividad en el Agua	60
Figura 14. Método óptico de Hanna.	63
Figura 15. Método de doble haz	64
Figura 16. Método de cuádruple haz	65
Figura 17. Geometría de la Cobertura del DCS	68
Figura 18. Cuatro Subsistemas Funcionales del GOES DCS	70
Figura 19. Niveles Máximos y Mínimos Anuales de pH Río Cauca estaciones (Tablanca - Juanchito - Cartón Colombia - Anacaro)	76
Figura 20. Niveles Máximos y Mínimos Anuales de Temperatura Río Cauca estaciones (Tablanca - Juanchito - Cartón Colombia - Anacaro)	78
Figura 21. Niveles Máximos y Mínimos Anuales de Turbidez Río Cauca estaciones (Tablanca - Juanchito - Cartón Colombia - Anacaro)	79

Figura 22. Niveles Máximos y Mínimos Anuales de OD Río Cauca estaciones (Tablanca - Juanchito - Cartón Colombia - Anacaro)	81
Figura 23. Niveles Máximos y Mínimos Anuales de Conductividad Río Cauca estaciones (Tablanca - Juanchito - Cartón Colombia - Anacaro)	83
Figura 24. Estación automática Primer Nivel	91
Figura 25. Estación automática Segundo Nivel	92
Figura 26. Diagrama de bloques de módulos de red.	93
Figura 27. Esquema del tramo La Balsa – Tablanca – La Bolsa	126
Figura 28. Fotografía aérea sector estación Tablanca	127
Figura 29. Ubicación general de la estación hidrométrica Tablanca	128
Figura 30. Esquema de localización de la sección de aforo en la estación hidrométrica Tablanca.	128
Figura 31. Secciones transversales en la estación Tablanca (2001- 2004)	129
Figura 32. Variación en el tiempo del caudal y el nivel del fondo en diferentes verticales en la estación Tablanca (2001-2004)	130
Figura 33. Variación en el tiempo del Área Hidráulica	131
Figura 34. Variación en el tiempo del Área con respecto al Área promedio de la sección.	131
Figura 35. Variación en el tiempo del Factor Hidráulico con respecto al Factor Hidráulico medio de la sección.	132
Figura 36. Esquema del tramo Hormiguero – Juanchito – Paso de la Torre	134
Figura 37. Fotografía aérea sector estación Juanchito	135
Figura 38. Ubicación general de la estación hidrométrica Juanchito	136
Figura 39. Esquema de localización de la sección de aforo en la estación hidrométrica Juanchito.	136
Figura 40. Secciones transversales tomadas en la estación Juanchito (2002 - 2004)	137
Figura 41. Variación en el tiempo del caudal y el nivel del fondo en diferentes verticales en la estación Juanchito (2002-2004)	138
Figura 42. Variación en el tiempo del Área Hidráulica	139

Figura 43. Variación en el tiempo de Área con respecto al Área promedio de la sección	139
Figura 44. Variación en el tiempo del Factor Hidráulico con respecto al Factor Hidráulico promedio de la sección.	140
Figura 45. Esquema del tramo Juanchito – Paso de la Torre – Mediacanoa	142
Figura 46. Fotografía aérea sector estación Cartón Colombia (Paso la Torre)	143
Figura 47. Ubicación general de la estación hidrométrica Paso de la Torre	144
Figura 48. Esquema de localización de la sección de aforo en la estación hidrométrica Paso de la torre.	144
Figura 49. Secciones transversales en la estación Paso de la Torre(2003- 2004)	145
Figura 50. Variación en el tiempo del caudal y el nivel del fondo en diferentes verticales en la estación Paso de la Torre (2003-2004)	146
Figura 51. Variación en el tiempo del Área Hidráulica	147
Figura 52. Variación en el tiempo del Área con respecto al Área promedio de la sección.	147
Figura 53. Variación en el tiempo del Factor Hidráulico con respecto al Factor Hidráulico promedio de la sección.	148
Figura 54. Esquema del tramo la victoria – Anacaro –la Virginia	150
Figura 55. Fotografía aérea sector estación Anacaro	151
Figura 56. Ubicación general de la estación hidrométrica de Anacaro	152
Figura 57. Esquema de de la sección de aforo en la estación hidrométrica Anacaro.	152
Figura 58. Secciones transversales en la estación Anacaro (2001 - 2004)	153
Figura 59. Variación en el tiempo del caudal y el nivel del fondo en diferentes verticales en la estación Anacaro (2001-2004)	154
Figura 60. Variación en el tiempo del Área Hidráulica	155
Figura 61. Variación en el tiempo del Factor Hidráulico con respecto al Factor Hidráulico promedio de la sección	156

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
Anexo A. Históricos Río Cauca año 1996	115
Anexo B. Históricos Río Cauca año 1997	116
Anexo C. Históricos Río Cauca año 1998	117
Anexo D. Históricos Río Cauca año 1999	118
Anexo E. Históricos Río Cauca año 2000	119
Anexo F. Históricos Río Cauca año 2001	120
Anexo G. Históricos Río Cauca año 2002	121
Anexo H. Históricos Río Cauca año 2003	122
Anexo I. Históricos Río Cauca año 2004	123
Anexo J. Históricos Río Cauca año 2006	124
Anexo K. Ficha Técnica Tablanca	125
Anexo L. Ficha Técnica Juanchito	133
Anexo M. Ficha Técnica Cartón Colombia (Paso la Torre)	141
Anexo N. Ficha Técnica Anacaro	149
Anexo O. Acuerdos De uso GOES	157
Anexo P. Etapas del Proyecto	160

## GLOSARIO

**AFORO:** conjunto de operaciones realizadas con el propósito de medir el caudal de una corriente superficial para un nivel determinado. Uno de los principales objetivos que se tiene al realizar un aforo es correlacionar los datos obtenidos de niveles y caudales mediante una curva de calibración.

**AIREACIÓN:** técnica que se utiliza en el tratamiento de aguas que exige una fuente de oxígeno, conocida comúnmente como purificación biológica aeróbica del agua. El agua es traída para ponerla en contacto con las gotitas de aire o rociando el aire se trae en contacto con agua por medio de instalaciones de la aireación. El aire es presionado a través de la superficie del agua, este burbujea y el agua se provee de oxígeno.

**BENEFICIO:** impacto positivo generado por un proyecto, programa o plan

**CAUDAL:** cantidad de agua que fluye a través de una sección transversal expresada en unidades de volumen por unidad de tiempo

**DOMSAT:** satélite domestico (DOMSAT) que permite a un usuario recibir los datos de una manera cercana al tiempo real

**DIAL-IN:** el método primario para que los usuarios puedan recuperar sus datos de mensajes DCP desde el DAPS es por la vía DIAL-IN. El DAPS funciona 10 líneas dial-in conectadas en una configuración rotatoria. La salida de datos desde el DAPS va desde 300/9600 baudios dependiendo del equipo del usuario.

**GOES:** son las siglas de Geoestacionary Operational Enviromental Satélite – Satélite geoestacionario operativo ambiental. Satélite usado por las NOAA para fines netamente medio ambientales.

**LIMNÍGRAFO:** instrumento que permite el registro continuo de los niveles de agua presentados por una corriente. Consta de tres componentes básicos que son un elemento sensible (flotador o manómetro), un sistema que traduce a escala y registra los niveles y un mecanismo de relojería que proporciona una escala de tiempo.

**LIMNÍMETRO:** instrumento que consta de una mira graduada en centímetros la cual permite el registro puntual de los niveles de agua presentados por una corriente. Se requiere de un observador que haga las lecturas a unas horas determinadas con base en los requerimientos de información.

**MAESTRO/ESCLAVO:** es un modelo de comunicaciones donde un dispositivo o proceso tiene control unidireccional sobre uno o más dispositivos.



**MODBUS:** es un protocolo de comunicaciones basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, como también permite el control de una red de dispositivos

**RED (NETWORK):** un sistema que envía y recibe datos y mensajes, típicamente sobre cableado. Una red le permite a un grupo de computadores o dispositivos comunicarse entre sí, compartir periféricos (tales como discos duros e impresoras), y acceder de manera remota a otras redes.

## **RESUMEN**

Este trabajo se centra en el diseño del modelo del sistema electrónico que permitirá determinar los parámetros de calidad de agua en el Río Cauca, en cualquier punto de medición a lo largo del Río Cauca. Este se implementara en cuatro estaciones de la Red de Monitoreo de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) dentro del departamento del Valle Del Cauca (Colombia), la cual cuenta con una red de 201 estaciones, de las cuales 15 son climatológicas, 125 pluviométricas, 54 hidrométricas y 7 meteorológicas especiales para determinar las condiciones hidroclimatológicas, de calidad de aire y de agua

Para el desarrollo de este sistema como primera medida se analizaron las condiciones actuales e históricos de los parámetros de calidad del agua (Oxígeno Disuelto, pH, Conductividad y turbidez) sobre el río. Como segunda medida se seleccionaron las técnicas adecuadas para la medición de los anteriormente nombrados y por último se seleccionaron los dispositivos e instrumentos necesarios para la recolección, procesamiento y transmisión de datos de dichos parámetros.

En este sentido, a través del desarrollo del modelo del Sistema Electrónico se automatizo la actual Red de Monitoreo de la CVC para la de medición de los parámetros de calidad de agua basado en una red de sensores sobre un bus de campo de una red mono maestro, la cual se soporto en la plataforma tecnológica de transmisión de datos vía satélite con la que cuenta la Corporación en la actualidad, optimizando así el actual proceso de medición y monitoreo.

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene como principal objetivo el diseño de un modelo del sistema Electrónico que permita la medición de los parámetros de la calidad del agua sobre el Río Cauca, lo cual implica la selección de los dispositivos de medición que cumplan con las condiciones establecidas por la principal autoridad ambiental del Valle del Cauca (CVC), para lo cual se debe realizar una búsqueda de técnicas y métodos fiables que proporcionen un dato preciso. Este diseño cubre las fallencias detectadas en un sistema existente de la Corporación.

La medición de los parámetros de calidad de agua cumple un papel de gran importancia hoy en día, y por ello la necesidad de implementar redes automáticas para medir la calidad del agua, las cuales, según el grupo de hidroclimatología de la CVC *“están orientadas a suministrar información ambiental en tiempo real, o lo más cercano a ello, sobre el estado, evolución y pronóstico de las variables que permiten determinar factores de contaminación o riesgo para la vida. El desarrollo productivo en el Valle del Cauca, el crecimiento demográfico, las técnicas de aprovechamiento de los recursos naturales y las necesidades sobre los usos del agua y suelo han producido un gran impacto en el ambiente, el cual se traduce en la contaminación del río Cauca”*<sup>1</sup>. Estas redes brindan la posibilidad de obtener información sobre las condiciones del Río y su comportamiento a través de un sistema electrónico capaz de advertir sobre los cambios en las características puntuales a causa de agentes contaminantes, la disposición de esta información en tiempo real permite la toma de decisiones con el fin de alertar y desarrollar estrategias y acciones correctivas que permitan optimizar y mejorar las condiciones de los recursos naturales.

Es así como la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC entiende la necesidad de desarrollar un modelo de sistema electrónico que sirva como referencia para hacer medición de los parámetros de calidad de agua en cualquier punto de monitoreo que se considere conveniente sobre el cauce del Río Cauca dentro del departamento y que optimice los procesos de medición brindando información precisa del estado de los parámetros indicadores de la calidad de agua (Oxígeno Disuelto, pH, Turbidez y Conductividad) sobre el Río Cauca, y cumpla con las políticas de austeridad minimizando los costos de mantenimiento, los tiempos de ejecución de tareas como el desplazamiento de personal encargado para realizar rutinas de seguimiento, control, calibración y mantenimiento del sistema, y que a su vez actualice los procesos existentes en las estaciones de la Red de Monitoreo de la CVC.

---

<sup>1</sup> Grupo de la red de hidroclimatología, Estudios Previos, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca 2007 pág. 1

De esta manera en el desarrollo de este proyecto se diseñó el modelo del sistema electrónico que permitiera el procesamiento y la transmisión de los datos de los parámetros de calidad de agua, el cual se basó en una red mono maestro sobre un bus de campo, en la que se interconectaron los sensores de medición con el objetivo de obtener el valor de cada parámetro y así garantizar datos confiables y oportunos.

Se establecieron las características y condiciones de los sensores necesarios para la medición de los parámetros de calidad de agua (Oxígeno Disuelto, pH, Turbidez y Conductividad) partiendo de un análisis del comportamiento de cada uno de estos a lo largo del Río Cauca y de las técnicas existentes, para ser implementados en cuatro puntos estratégicos que permitirán cumplir las políticas de monitoreo establecidas por la CVC para el plan de manejo del Río Cauca. Y finalmente se realizaron los planes de seguimiento, control, mantenimiento y montaje de las estaciones automáticas.

Este trabajo hará parte de las condiciones que la CVC establecerá para la implementación y adquisición de las estaciones automáticas que se encuentran en el Proyecto de “AMPLIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LA RED DE MONITOREO DE LA CVC” el cual se ha venido realizando durante los dos últimos años a la fecha (2009) en la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC<sup>2</sup>. (Se citara también CVC a lo largo de este documento); y que en diferentes momentos del desarrollo del documento se toma como referencia teórica los estudios, los históricos de los parámetros de calidad de agua, fichas técnicas, figuras y fotografías que hacen parte de ese proyecto macro que adelanta la Corporación.

---

<sup>2</sup> CVC. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

## JUSTIFICACIÓN

La variabilidad, tanto del régimen hidrológico como de los niveles de contaminación en los ríos a nivel nacional, es realmente considerable y en igual magnitud importante, para tomar decisiones que mitiguen en un alto porcentaje este tipo de problemáticas. Dentro del valle geográfico del Valle del Cauca sobre el cauce del Río Cauca. Existe un gran número de sectores industriales los cuales proveen al río un alto porcentaje de sedimentos y sustancias contaminantes que destruyen los ecosistemas, microclimas, flora y fauna de este, hasta en su momento, causar problemas de abastecimiento.

La medición de los parámetros de calidad de agua dentro del cauce del Río Cauca resulta ser uno de los mecanismos más elementales para analizar el nivel de contaminación y estado de éste, mediante sus indicadores principales, los cuales permiten conocer a cabalidad aguas abajo de vertimientos, tributarios, industrias o cualquier tipo de agentes contaminantes, el aporte negativo de cada uno de éstos para con el río, como lo publica el departamento de hidroclimatología de la CVC, en uno de sus informes anuales sobre recursos hídricos (año 2007).

Para la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca como máxima autoridad dentro del departamento, en recursos hídricos y ambientales, resulta significativo y competente dar a conocer a los sectores económicos y productivos que aporten residuos sólidos o contaminantes al Río Cauca, el nivel cuantificado de influencia negativa sobre las aguas de éste, con el fin de preservar principalmente los recursos naturales y como segunda medida para que por medio de esta información se reestructuren los mecanismos y políticas ambientales de normatividad y reglamentación de la conservación y preservación del medio ambiente, que poseen actualmente dichos sectores, y así entregar las aguas del Río Cauca a los municipios aledaños en óptimas condiciones.

Por lo anteriormente expuesto es de gran importancia tener un Sistema Electrónico óptimo para la medición de los parámetros de calidad de agua, que garantice datos precisos de dichos parámetros en las estaciones automáticas de la CVC a lo largo del Río Cauca, ya que el objetivo de este trabajo es optimizar la recolección, procesamiento y transmisión de datos de calidad de agua los cuales aporten para generar estadísticas, y alertas que permitan desarrollar estrategias de prevención y mitigación de en el impacto negativo de agentes contaminantes en el Río Cauca.

Es así como uno de los aportes más evidentes de este proyecto es el impacto que generara en la conservación y mejoramiento de los recursos hídricos del Valle de Cauca, teniendo en cuenta que para la sociedad actual en la que estamos inmersos, prevalece la preocupación por la preservación y conservación del medio ambiente, sobre todo de los recursos hídricos que como el aire, son una prioridad para la vida del ser humano y la naturaleza en general.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La Red de Monitoreo de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC cuenta con dos estaciones para la medición de los parámetros de calidad de agua ubicadas a lo largo del Río Cauca, estas no tienen una gran cobertura y no ofrecen la información más acertada la cual permita conocer la verdadera situación del río, por su diseño original, tecnología obsoleta y por la técnica utilizada para hacer las mediciones de los parámetros de: Oxígeno Disuelto, Turbidez, pH y Conductividad. Estas estaciones no le permiten a la Corporación tomar una decisión oportuna después de obtener los datos del proceso. Se necesita hacer un nuevo diseño del sistema electrónico de las estaciones el cual permita obtener un dato preciso y confiable para hacer una comparación con los estándares de calidad de agua y con estos tomar decisiones adecuadas.

A pesar de que la Red de Monitoreo ambiental está dando buenos resultados, esta requiere ser fortificada y extendida con más equipos y estaciones, para hacer un monitoreo con mayor frecuencia y precisión y tener una mayor cobertura sobre el Valle geográfico del Río Cauca dentro del departamento del Valle del Cauca - Colombia, debido al gran dinamismo económico de la región y a los grandes asentamientos humanos que existen y que pueden ser afectados en un momento dado por las inclemencias del tiempo y que pueden ocasionar pérdidas tanto de seres vivos como materiales a un gran número sus pobladores.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General.**

Diseñar el modelo del sistema de recolección, procesamiento y transmisión de datos de las estaciones automáticas de calidad de agua de la CVC.

### **Objetivos Específicos.**

- Establecer las características y condiciones de la instrumentación que se requiere para la medición de los siguientes parámetros:
  - Oxígeno disuelto
  - pH.
  - Conductividad
  - Turbidez
  - Temperatura
- Realizar el plan de seguimiento y control de las estaciones automáticas.
- Realizar el manual de mantenimiento y calibración de las estaciones automáticas de Calidad de Agua.



## METODOLOGIA

Debido a que este proyecto hace parte de una investigación que adelanto en su momento la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca dirigida y desarrollada por el grupo de hidroclimatología, el cual llevaba por nombre Ampliación y Automatización de la Red de Monitoreo de la CVC; por este motivo, el proyecto se rigió por las necesidades y requerimientos estipulados por la CVC. Es así como este proyecto se desarrollo de una manera mixta donde no se sustento en un tipo de investigación especifica, ni bajo los parámetros que requiere una investigación, por su misma característica de ser un proyecto de pasantía institucional. Por otro lado es importante recalcar que se utilizaron algunas herramientas metodológicas para responder con el problema planteado, como recopilación bibliográfica, exploración de los antecedentes del proyecto, visitas de campo, entrevistas abiertas, recolección de datos a partir de muestreos.

El proyecto consta de 6 etapas las cuales hacen referencia y siguen el modelo de ingeniería secuencia, en las cuales se pueden observar las herramientas metodológicas utilizadas. Iniciando con la recopilación bibliográfica (Ver Anexo P, Etapa 3), Exploración de los antecedentes del proyecto (Ver anexo P, Etapa 1), Visitas de campo (Ver Anexo P, Etapa 1), entrevistas abiertas (Ver Anexo P, Todas las Etapas) y Recolección de datos a partir de muestreos (Ver Anexo P, Etapa 1).

Se puede inclinar la metodología aplicada a una metodología descriptiva, puesto que se hizo una recolección de datos, partiendo del planteamiento de un problema en el cual se recolectaron datos y se describieron los mismos. En este sentido este proyecto no debe ser tomado como una investigación por las características del mismo.

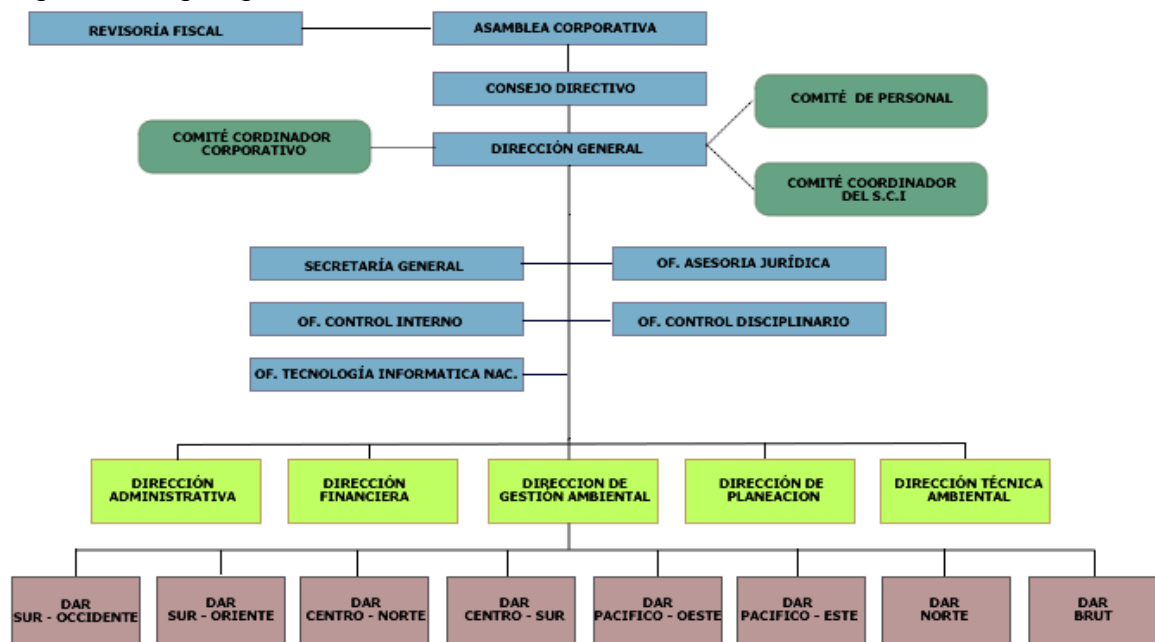
## 1. CONTEXTUALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.

Este proyecto fue realizado en la empresa Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC con la cual se trabajó, es una entidad pública encargada de *“Ejercer la autoridad ambiental y promover el desarrollo sostenible desde la dimensión ambiental, en armonía y coordinación con los distintos actores sociales del departamento del Valle del Cauca y demás integrantes del SINA(Sistema Nacional Ambiental)”*<sup>3</sup>, y además de ser una empresa del gobierno posee una total autonomía para ejercer sus funciones dentro y fuera de la institución, en el área que le compete.

La oficina principal se encuentra ubicada en el sur de la ciudad de Cali - Colombia, en la cual se encuentra en la dirección Carrera 56 # 11 - 36. En este lugar funciona toda la parte administrativa de la empresa, las oficinas y la coordinación de todas las direcciones y sedes de la Corporación.

La siguiente grafica ilustra el organigrama de la CVC.

Figura 1. Organigrama CVC.



Fuente. Tomado del portal Web de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC.

<sup>3</sup> Tomado de <http://www.gobiernoenlinea.net/2067.html>

## 1.1. RESEÑA<sup>4</sup> HISTÓRICA

La creación de la Corporación se empezó a gestar desde la década de los 30, cuando se comenzaron a buscar soluciones que menguaran los desastres ocasionados por las inundaciones del Río Cauca y los desbordamientos y avalanchas de sus afluentes.

Estas iniciativas fueron analizadas a principios de la década de los 50 por entidades como el Banco Mundial y por expertos como David Lillienthal, Presidente de la Autoridad del Valle del Tennessee, quienes trabajaron apoyados por un grupo de dirigentes vallecaucanos como José Castro Borrero, Ciro Molina Garcés, Manuel Carvajal Sinisterra y Harold Eder, entre otros.

Después de un estudio socioeconómico de la región y del país, se recomendó la cuenca alta del Río Cauca como punto estratégico para crear la primera entidad estatal que orientara los planes requeridos para incrementar el bienestar de los habitantes de esta cuenca.

Bernardo Garcés Córdoba fue el primer director de la entidad, y desde su misma posesión y con el apoyo del Banco Mundial, inició la realización de un estudio que aconsejó centrar la primera fase de la gestión de la CVC en la solución del problema de energía, la adecuación de tierras y el manejo de los recursos naturales.

En ese entonces fue el propio Jefe de la Misión del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, Harold Larsen, quien en una de sus primeras exploraciones por los territorios que conformaban el entonces denominado Plan Lillienthal (norte del Cauca, Valle del Cauca y parte suroccidental de Caldas), explicó en ese momento que estas tierras "son favorables para emprender un vasto programa de centrales hidroeléctricas y canales de irrigación que puedan dar a una extensa comarca posibilidades técnicas para un seguro engrandecimiento".

De esta forma la CVC empezó a forjar una serie de retos que consolidó a lo largo de 40 años y que permitieron transformar al Valle del Cauca. Retos que consolidó hasta el 31 de diciembre de 1994, y que fueron los pilares de la gestión de la CVC

---

<sup>4</sup> Tomado del portal Web de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC <http://www.cvc.gov.co> disponible en Internet.

y de su organización, a lo largo de los dos millones 200 mil hectáreas que comprendían su jurisdicción anterior, la cual, en la última etapa previa a la reestructuración, incluyó las cuencas altas de los ríos Cauca, Anchicayá, Dagua, Calima y Garrapatas.

- **MISIÓN<sup>5</sup> CORPORATIVA**

Ejercer la autoridad ambiental y promover el desarrollo sostenible desde la dimensión ambiental, en armonía y coordinación con los distintos actores sociales del departamento del Valle del Cauca y demás integrantes del SINA<sup>6</sup>.

- **VISIÓN<sup>7</sup> CORPORATIVA**

En el año 2012 la CVC habrá logrado que los distintos actores sociales del departamento del Valle del Cauca, se identifiquen con el concepto de desarrollo sostenible y consecuentemente actúen de manera responsable frente a las distintas situaciones ambientales.

## **1.2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO**

La pasantía empresarial, se realizó en el área de Sistemas de Información Ambiental (SIA) dentro del grupo de la red de hidroclimatología, ubicada en la oficina principal de la CVC. Esta área está compuesta por una persona experta en la parte de meteorología y monitoreo, otro en la parte de hidráulica, una persona encargada de la electrónica, diez auxiliares de campo, seis auxiliares de oficina y por ultimo un pasante estudiante de ingeniería electrónica. Dentro del grupo de trabajo se realizan salidas de campo a las diferentes estaciones de la Red de Monitoreo para recolectar datos meteorológicos del comportamiento climático e hidrológico de la red dentro del Valle del Cauca, como también publicaciones de reportes diarios, mensuales y anuales de las condiciones climáticas dentro del departamento Valle del Cauca. También el grupo es el encargado de velar por el buen estado funcional de las estaciones de la Red de Monitoreo ambiental, por ello realizan jornadas para hacer rutinas de mantenimiento y calibración de las estaciones.

---

<sup>5</sup> Tomado de Tomado del portal Web de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC, disponible en Internet <http://www.cvc.gov.co>.

<sup>6</sup> Sistema Nacional Ambiental

<sup>7</sup> Ibíd. 5.

El grupo de la Red de Monitoreo posee un centro de control el cual esta soportado en una plataforma tecnológica de transmisión satelital GOES, sistema por el cual los datos de diferentes estaciones meteorológicas envían su información para ser analizada y establecer situaciones que puedan poner en riesgo a la población o influyan en la características de los ríos o zonas donde se encuentran las estaciones.

## **2. MARCO DE TEÓRICO – CONCEPTUAL.**

La información presentada a continuación se centra en diferentes aspectos tales como los antecedentes los cuales dan cuenta del estado actual de la red ambiental de monitoreo de la CVC, y alguna documentación que sustenta su origen, desarrollo y funcionamiento del sistema, de igual manera se presentan las especificaciones y necesidades establecidas por la Corporación para el desarrollo de este proyecto, también se describen los parámetros de calidad de agua establecidos por la CVC, se establecen las técnicas de medición y finalmente se selecciona la más indicada.

### **2.1. ANTECEDENTES**

La información presentada a continuación fue tomada de los documentos<sup>8</sup> privados de la Corporación, los cuales precisan en las investigaciones realizadas por el departamento de sistemas de información ambiental para el desarrollo de este proyecto de los cuales se extrajo información que sustenta la importancia de este.

Los documentos tomados de información de la CVC giran en torno a las siguientes temáticas, Red de Monitoreo Ambiental CVC, Objetivos de la Red, Componentes de la Red, Descripción del Sistema, Descripción de los actores asociados al problema, Descripción de las alternativas de Solución, Área de influencia del proyecto, población beneficiada, Relación entre problemas y objetivos. Cada uno de estos fueron tomados literalmente sin modificar ninguna de sus apreciaciones:

Desde el momento en que se creó la CVC hace 53 años, se entendió que lo primero que se debía realizar era un monitoreo sobre las condiciones meteorológicas de la región y un estudio hidrológico del Río Cauca y sus tributarios, de esta manera se creó la red hidrometeorológica que inicio con la herencia de la Comisión de estudios hidrológicos del Valle del Cauca, la cual contaba con estaciones de aforos, pluviográficas y pluviométricas, limnigráficas y limnimétricas, en total eran 25 estaciones y cubría lo que hoy son los departamentos de Cauca, Valle del Cauca y Caldas.

---

<sup>8</sup> Fichas técnicas del proyecto PAT 2007 – 2009 Red de Monitoreo Ambiental, grupo de hidroclimatología CVC.

Fue así como se cimentó el desarrollo de los proyectos de regulación del Río Cauca y las hidroeléctricas de Anchicayá y Calima, los datos de los estudios hidroclimatológicos hicieron posibles el éxito de estos mega proyectos, y a su vez aportaron al manejo y regulación de los mismos.

La CVC ha realizado grandes inversiones, que se presumen han contribuido al mejoramiento de las condiciones ambientales, la verdad es que no es posible cuantificar el impacto de las inversiones ya que no se cuenta con los indicadores y datos que muestren el mejoramiento de las condiciones, si se hace un análisis al problema de contaminación del Río Cauca. Las acciones que ha emprendido la CVC para sanear los vertimientos en las fuentes de agua y al aire, no son suficientes debido a que no cuenta con los elementos y el personal técnico para esto, las acciones de seguimiento y control a las fuentes de contaminación, la vigilancia en cuanto a los vertimientos, la explotación de los recursos, la toma clandestina del agua (superficial y subterránea), no se llevan a cabo de manera continua.

La preocupación mundial por el tema del medio ambiente y el cambio climático han generado el desarrollo de una tecnología capaz de monitorear continuamente las condiciones del aire, el agua, el clima, el suelo, esto con el fin de disminuir los costos de operación, mejorar la calidad de la información, la oportunidad del dato.

La CVC no es ajena a la necesidad de monitorear las condiciones hidroclimatológicas y de calidad de aire y agua, por eso cuenta con una red de 201 estaciones, de las cuales 15 son climatológicas, 125 pluviométricas, 54 hidrométricas y 7 meteorológicas especiales. De ellas 35 estaciones son automáticas (2 de calidad de agua, 2 de calidad de aire, 8 hidrológicas con recepción, 2 climatológicas y 19 pluviométricas) con transmisión satelital, además cuenta con un centro de control de última tecnología para la recepción de este tipo de estaciones.

Haciendo un estudio de esta red, se encontró que a pesar de contar con un sistema de recepción de última tecnología, el 85% de esta es obsoleta, el 83% corresponde a estaciones con el sistema de observador el cual hace como máximo 3 lecturas diarias (Hidrométricas), este método no permite determinar fenómenos de picos máximos o mínimos, la duración y el ritmo de variación, entre otros.

**2.1.1. Red de Monitoreo ambiental CVC.** El Sistema está implementado en el valle geográfico del Río Cauca y sus zonas de influencia. Tiene un área aproximada 22.814 Km<sup>2</sup> y un Recorrido del río 513 Km.

**2.1.1.1. Objetivos de la Red.** Los objetivos de la red se presentan a continuación:

- Implantar y operar el sistema de información ambiental en el área de la jurisdicción y de acuerdo con las directrices trazadas por el Ministerio del Medio Ambiente.
- Analizar continuamente la cantidad y calidad del agua del Río Cauca y de sus principales afluentes, analizar la calidad del aire, monitorear los niveles y la precipitación en zonas de alto riesgo.
- Medir en “tiempo real” los parámetros para la aplicación de un modelo de simulación hidrológica, para optimizar la operación del embalse de Salvajina.
- Fortalecer el Sistema Nacional de Prevención de Desastres.
- Generar alertas en los sitios más vulnerables de avalanchas, inundaciones y deslizamientos de tierra.
- Disminuir significativamente los costos de operación y mantenimiento de las redes hidroclimatológicas y de calidad ambiental Proporcionar un banco de datos necesario para posteriores estudios y proyectos ambientales de la región.

**2.1.1.2. Componentes de las estaciones.** Los componentes de las estaciones son:

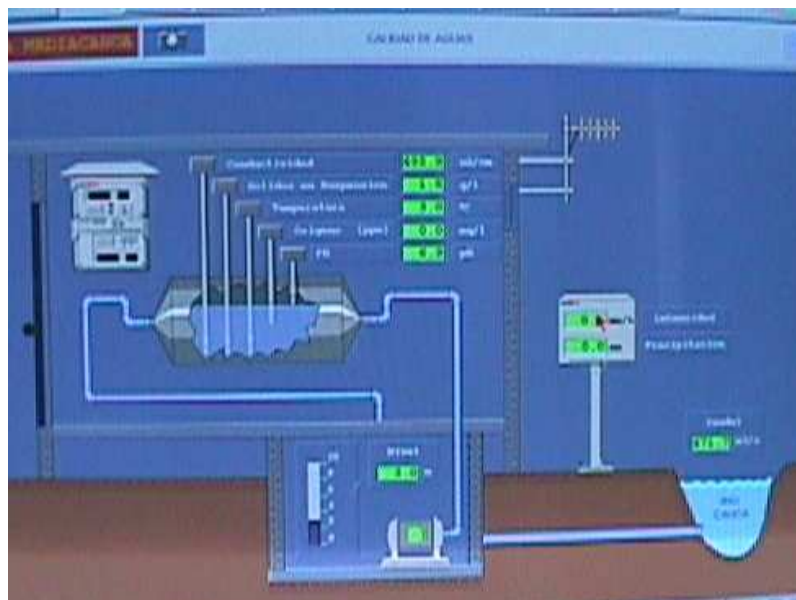
- Instrumentación.
- Sistema de adquisición y/o Registro de datos.
- Sistema de comunicaciones.



- Obras de infraestructura.

El modelo de estación ilustrado en la Figura 2 (Ver Fig. 2).principalmente montado sobre la Red de Monitoreo tiene la siguiente forma.

Figura 2. Modelo de estación Red Hidroclimatológica



Fuente. Red Hidroclimatológica de la CVC

El principal error de diseño del modelo de la estaciones actuales fue hacer la toma de datos sobre una muestra del río que es llevada a un pozo de quietamiento (Ver Figura 4) que se encuentra conectado a este por medio de unos tubos comunicantes, la muestra que se obtiene, no corresponde a un flujo directo lo cual no permite un recambio del agua que se encuentra en el pozo, por el contrario, el agua allí se mantiene y produce una gran cantidad de sedimento. Para realizar la lectura de los parámetros el agua del pozo se bombea hasta un toma muestras (Ver Figura 3) por medio de una bomba sumergida, la cual inyecta oxígeno adicional a la muestra y remueve los sedimentos existentes en el fondo del pozo, este procedimiento varía las condiciones de turbidez y oxígeno disuelto de la muestra.

Figura 3. Cilindro de pruebas



Fuente. Red Hidroclimatológica de la CVC

Al cilindro que se observa en la figura 3 (Ver Fig. 3), llega la muestra tomada del pozo de aquietamiento con mucha cantidad de sedimentos.

Figura 4. Pozo de Aquietamiento



Fuente. Red Hidroclimatológica de la CVC

Algunos inconvenientes del diseño fueron:

Diseño:

- Alteración de los parámetros de OD y Sólidos en Suspensión.
- Alimentación Eléctrica Deficiente.
- Vandalismo

Desventajas:

Altos costos por Mantenimiento:

- Consumibles.
- Periodicidad.

Equipos Obsoletos de medición

Ventajas:

- Seguimiento y control constante a los parámetros.
- Determinar Mortandad de Peces.
- Detección de vertimientos.
- Conocer la calidad del Río en “Tiempo Real”.

**2.1.2. Descripción de los actores asociados al problema.** Como Regulador: La Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca es la máxima autoridad ambiental en el departamento, debe promover y desarrollar la participación comunitaria en programas de protección ambiental, de desarrollo sostenible y de manejo adecuado de los recursos naturales renovables, realizar estudios e investigaciones en materia de medio ambiente y recursos naturales renovables, ordenar y establecer las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas, ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables, lo cual comprende el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos

líquidos, sólidos y gaseosos, a las aguas en cualquiera de sus formas, al aire o a los suelos, así como los vertimientos o emisiones que puedan causar daño o poner en peligro el normal desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables.

Como Beneficiarios: El Comité Local de Emergencias está constituido por el conjunto de entidades Públicas, Privadas y Comunitarias Integradas, con el objeto de dar solución a los problemas de seguridad de la población que presenten en su entorno Físico por la eventual ocurrencia de Fenómenos Naturales o Antrópicos.

Como Usuarios: Sectores Productivos y Académicos, quienes hacen uso de la información que se produce en cada una de las estaciones.

**2.1.3. Descripción de las alternativas de solución.** Para contar con información de calidad de agua representativa de manera oportuna y confiable es necesario la implementación de técnicas de muestreo y medición de los diferentes parámetros, para lo cuales se pueden establecer como alternativas:

Una de las alternativas para la solución consiste en la implementación de campañas de monitoreo permanentes por parte de personal del laboratorio las cuales consisten en toma de muestras para su posterior análisis en el laboratorio, para lo cual se hace necesario contratar personal adicional para realizar la recolección de muestras y su análisis en el laboratorio, así mismo, la adquisición de vehículos y sistemas de recolección y refrigeración.

La otra alternativa es la instalación de estaciones automáticas dotadas de la instrumentación adecuada con la posibilidad de transmisión y almacenamiento de la información y que estas sirvan como modelo para cualquier punto de monitoreo.

#### **2.1.4. Área de influencia del proyecto.**

- El departamento del Valle del Cauca – Colombia.

**2.1.5. Población beneficiada.** Serán beneficiados quienes habitan el valle geográfico del Río Cauca, dedicados a la agroindustria, el comercio, la industria, la ganadería y la pesca. En esta parte se entremezclan casi todas las etnias que

hacen parte del departamento y ella se asienta la mayor parte de la población total.

Por último, los que habitan las laderas occidental de las cordilleras central y occidental y la oriental de la cordillera occidental, dedicados, especialmente a la agricultura tradicional, a la ganadería, la minería y al cultivo del café.

**2.1.6. Relación entre el problema y objetivos.** Con el fin de clarificar bajo qué condiciones este proyecto fue sido orientado se hace una relación entre los problemas y los objetivos que puede observar en la Tabla 1 (Ver Tabla 1) del proyecto macro al que este pertenece.

Tabla 1. Relación entre el problema y los objetivos

<b>RELACIÓN ENTRE EL PROBLEMA Y LOS OBJETIVOS</b>	
<b>PROBLEMA IDENTIFICADO POR LA CVC (CAUSA PRINCIPAL)</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL OBJETIVO MACRO DEL PROYECTO</b>
Insuficiente información meteorológica, hidrológica y de calidad de agua representativa, inoportuna en zonas vulnerables y de interés para el seguimiento y evaluación de los recursos naturales.	Disponer de información meteorológica, hidrológica y de calidad de agua representativa, oportuna y confiable en áreas vulnerables, con el fin realizar seguimiento y control, para enfrentar y minimizar los efectos de extremo y que se conozca cabalmente la climatología de la zona y sus variabilidades en función de los impactos negativos y positivos para hacer un seguimiento adecuado de los recursos y riesgos ocasionados a los recursos renovables.
<b>CAUSAS CRÍTICAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS</b>
La poca cobertura en ciertas zonas del departamento de información Hidrológica y meteorológica. Equipos y sensores obsoletos y poco confiables.	Representatividad, disponibilidad, oportunidad y calidad en los datos hidrológicos, meteorológicos. Que se traduce en una ampliación y modernización de la Red de Monitoreo de la Corporación.
Equipos y sensores electrónicos obsoletos y la poca cobertura de estaciones de calidad de agua.	Red de Monitoreo de calidad de agua en fuentes superficiales ampliada en cobertura y modernizada.
<b>EFFECTOS ASOCIADOS</b>	<b>INDICADOR DE LOS DESCRIPTORES</b>

Por falta de información oportuna no se pueden detectar y realizar los seguimientos adecuados a los eventos extremos hidrológicos y climatológicos que se presentan en nuestra región y que pueden afectar a la población.	Zonas ribereñas inundadas Deslizamientos de tierra en zonas de ladera Total de carga contaminante en el Río Cauca
--	---

## 2.2. ESPECIFICACIONES, NECESIDADES Y RESTRICCIONES

La información que se presentara a continuación hace alusión a las especificaciones, necesidades y restricciones establecidas por la Corporación para el desarrollo del proyecto con el fin de controlar, guiar y supervisar los diferentes tareas a desarrollar en el mismo.

Se busca implementar a través de este proyecto nuevas tecnologías en el sistema de monitoreo de la calidad de agua en el Río Cauca, reemplazar en una buena proporción los sistemas mecánicos de registro continuo de nivel actual y por ultimo obtener datos confiables y de manera oportuna en sitios de alta demanda de contaminación. A esta conclusión llega la CVC a partir de las diferentes investigaciones que adelanta el sistema de información ambiental.

Para el llevar a cabo el desarrollo del sistema electrónico el grupo de hidroclimatología da a conocer tres aspectos importantes para el desarrollo de este proyecto:

- **La Calidad del Dato:** Esto quiere decir que las técnicas aplicadas en el proceso de toma del dato no lo alteran, así mismo, los equipos y elementos utilizados corresponden a métodos y procedimientos estandarizados, con un margen de error bajo, su procesamiento y los cálculos realizados no deben asistir errores de procesamiento o pos-proceso.
- **La Confiabilidad del Dato:** Hace alusión a la calidad del dato en el tiempo, los factores que pueden influir en pérdidas de información o errores en la medida como consecuencia de desgaste (vida útil) o patronamiento (calibración).
- **La Representatividad del Dato:** Lo que se busca con el dato es que pueda ser usado para establecer las condiciones o características de una zona o radio de influencia en condiciones normales o ideales, se deben validar y analizar las situaciones que se requieren en el sitio donde se encuentra la

estación para que no se presenten interferencias o acciones que alteren las medidas.

Lo que se debe conservar y propender es puesto que los datos sean de Buena Calidad, Confiables y representativos, para lo cual se deben realizar todas las consideraciones tendientes a cumplir con estos tres requerimientos establecidos por la Corporación para el buen desarrollo del proyecto según especifica el grupo de hidroclimatología.

**2.2.1. Necesidades y requerimientos técnicos.** Los requerimientos técnicos y necesidades establecidas por la coordinación del grupo de hidroclimatología de la CVC son expuestos a continuación:

**2.2.1.1. Necesidades.**

- El dato registrado debe ser oportuno.
- El sistema debe permitir posibles expansiones ya sea de procesamiento o de diferentes variables a medir en un futuro.
- La calidad de información del dato debe ser confiable.
- El sistema debe ser de bajo mantenimiento y calibración.
- El sistema debe ser robusto.
- El sistema debe ser modular.
- El sistema debe permitir información con otras redes.

**2.2.1.2. Requerimientos técnicos.**

- El sistema debe medir los siguientes parámetros de calidad de agua:
  - Oxígeno Disuelto

- pH
  - Conductividad
  - Turbidez
- Que el sistema electrónico sea un sistema continuo de monitoreo (Disponibilidad de tiempo de 7/24).
  - Los sensores deben garantizar un rango de medición entre el 30 y 40 % del nivel máximo registrado por los históricos de la Corporación (Laboratorio Ambiental).

**2.2.2. Premisas y Restricciones.** Todos los equipos de transmisión que se instalen o adquieran deben contar con sistema de transmisión de datos vía satélites GOES ya que la plataforma tecnológica de la Corporación esta implementada bajo este sistema de transmisión de datos.

Se deben integrar de manera natural los datos del proceso al centro de control con el que cuenta la CVC.

Las estaciones deben quedar incluidas en la base de datos y en el sistema de reportes que se maneja en la Corporación, ya que **NO SE ACEPTARA HARDWARE O SOFTWARE ADICIONALES A LOS YA EXISTENTES EN EL CENTRO DE CONTROL.**

Las especificaciones de selección del hardware apto para el funcionamiento debe cumplir con normas de seguridad y debe contar con un mínimo de certificaciones, como también ser normalizados.

## **2.3. CONCEPTUALIZACION**

Para el desarrollo del proyecto se recopilo información teoría y conceptos que sustentan los ejes temáticos del proyecto, los cuales son los Parámetros de Calidad de Agua, Técnicas de medición de parámetros de Calidad de Agua y una breve descripción a el sistema de transmisión GOES.



**2.3.1. Calidad de agua<sup>9</sup>.** El termino calidad resulta relativo debido a que, existen diversos tipos de calidad según el propósito que se busque para determinar la calidad del agua. Si se hace referencia a la composición del agua como tal, se podría observar que mientras que éste no se vea afectado por ningún tipo de agente contaminante o sustancias producidas o inducidas en este, por procesos naturales o actividades humanas, el agua es de buena calidad.

Algunos tipos de calidad son:

- Calidad del agua para preservar la Flora y Fauna.
- Calidad del agua para uso Agrícola.
- Calidad del agua para uso Estético.
- Calidad del agua para determinación de contaminación.
- Calidad del agua para uso Pecuario.
- Calidad del agua para uso Recreacional.
- Calidad del agua para uso Potable.
  - Para tratamiento convencional.
  - Para desinsectación.
- Calidad del agua de restitución.

Entre otras. Como se puede observar de anterior lista, existen gran variedad de calidad de agua como se menciona la calidad el agua se evidencia por el propósito que se tenga con el agua.

Para determinar la calidad del agua agencias certificadas toman muestras; toman cantidades pequeñas de agua en un medio que posteriormente se puede analizar en un laboratorio. Los laboratorios analizan estas muestras según varios factores, y ven si está dentro de los estándares de la calidad para el agua.

---

<sup>9</sup> Tomado de la ponencia del Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales de Colombia, CNPMLTA, disponible en Internet  
<<http://www.cnpml.org/html/archivos/Ponencias/Ponencias-ID74.pdf> >

**2.3.1.1. Parámetros de Calidad de Agua<sup>10</sup>.** Los parámetros que determinan la calidad del agua son indicadores de diferentes orígenes los cuales son medidos y analizados para dar un veredicto porcentual que indique la calidad del agua.

Existe un gran número de parámetros que determinan la calidad del agua, los cuales permiten analizar la calidad de esta enfocada según los fines y los propósitos que se tengan para medir dicha calidad. En este proyecto como se menciono anteriormente, está enfocado a medir los parámetros de calidad de agua los cuales estén enfocados a los índices de contaminación y calidad e agua en el Río Cauca. Para determinar que indicadores dan alusión a la contaminación se encontró que existen tres grandes grupos que clasifican los parámetros los cuales son:

Parámetros de carácter físico:

- Características organolépticas.
- Turbidez y sólidos en suspensión.
- Temperatura.
- Conductividad.

Parámetros de carácter químico:

- Salinidad y dureza.
- pH.
- Oxígeno disuelto.
- Sustancias de carácter orgánico (materia orgánica)
- Sustancias de carácter inorgánico.

Parámetros de carácter microbiológico: Bacterias indicadoras.

---

<sup>10</sup> Tomado de Estudio de Contaminación en el Río Cauca realizado por la CVC

- Microorganismos patógenos

Según el Laboratorio Ambiental de la CVC, establece que los parámetros que necesitan medir en las estaciones automáticas, de los anteriormente mencionados son:

- Oxígeno Disuelto
- ph
- Conductividad
- Turbidez

Los cuales están comprendidos entre los parámetros de carácter físico – químicos de la clasificación de parámetros. Y se hará una breve descripción de los indicadores de contaminación tales como el DQO<sup>11</sup>, DBO<sup>12</sup> y COT<sup>13</sup>.

Para el desarrollo de este proyecto se estudian los parámetros de calidad de agua seleccionados por el Laboratorio Ambiental de la Corporación, como se puntualizó anteriormente en el cauce del Río Cauca sobre el Valle geográfico del departamento VALLE DEL CAUCA - COLOMBIA, siendo enfocando este tipo de calidad a la contaminación que los tributarios, asentamientos, vertimientos e industria proveen al río.

A continuación se introducirá a cada uno de los parámetros de calidad de agua seleccionados para fines de este proyecto.

- **Oxígeno Disuelto.** La concentración de Oxígeno Disuelto (OD) es uno de los más importantes parámetros monitoreados en la superficie del agua potable y en las aguas residuales, según lo afirma la WTW<sup>14</sup> en su manual de Técnicas para la Determinación de Calidad de Agua en concordancia con los estudios

---

<sup>11</sup> DQO - Demanda Química de Oxígeno

<sup>12</sup> DBO - Demanda Bioquímica de Oxígeno

<sup>13</sup> COT - Carbono orgánico total

<sup>14</sup> Wissenschaftlich-Technische Werkstätten, líderes en productos de análisis de agua

previos realizados por el grupo de recursos hídricos de la CVC sobre calidad de agua superficial, los cuales exponen que este parámetro al ser derivado para estudiar la demanda biológica de oxígeno, se convierte en un proceso de regulación y herramienta de control. Así la precisión y exactitud para la determinación de OD se convierte en un crítico factor para establecer las mediciones de calidad de agua.

Los siguientes conceptos fueron tomados de Standard Methods for Examination of Water & Wastewater. Dissolved Oxygen:

- El Oxígeno Disuelto (OD) es la proporción de oxígeno que se encuentra en el agua el cual ha sido disuelto por difusión del aire circundante, por aireación (movimiento rápido) ó es el producto de desecho de la fotosíntesis, en aéreas donde se encuentre vegetación expuesta a radiación solar.
- La Unidad de medida son las partes por millón (ppm) o los miligramos por litro (mg/l).
- Las concentraciones de Oxígeno disuelto tienen una dependencia con la temperatura y con la altura del lugar donde se toman las muestras. Es de gran importancia tener en cuenta que:
  - No siempre para cada grado de temperatura registrado, se puede obtener un dato específico de OD dentro del fluido.
- **El pH<sup>15</sup>.** La información que a continuación se presenta fue tomada de, El pH, Química séptima Edición Raymond Chang, Williams College McGraw Hill

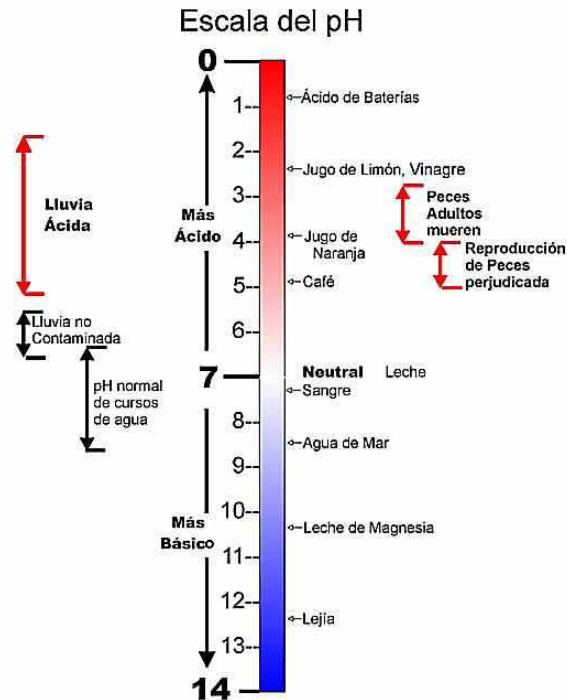
El pH mide el carácter ácido o básico (alcalino) de una solución. La concentración de la actividad de los iones de hidrógeno [H<sup>+</sup>] de una solución determina el pH.

La escala de pH va de 0 a 14 (Ver Figura 5). Un valor de siete es considerado neutro. Los valores por debajo de siete indican una concentración elevada de protones y condiciones de acidez. Los valores arriba de siete indican una baja concentración de protones y condiciones básicas o alcalinas.

---

<sup>15</sup> Tomado de , El pH, Química séptima Edición Raymond Chang, Williams College McGraw Hill Mayo 2003 pág. 605

Figura 5. Escala de pH



Fuente – [archive.idrc.ca/aquatox/aquagifs/pHsp-99.jpg](http://archive.idrc.ca/aquatox/aquagifs/pHsp-99.jpg)

Es así como una de las empresas líderes en el tratamiento de agua y purificación del aire LENNTECH comenta en su informe, Medida de calidad de agua el pH que *“La calidad del agua y el pH son a menudo mencionados en la misma frase. El pH es un factor muy importante, porque determinados procesos químicos solamente pueden tener lugar a un determinado pH”*<sup>16</sup>, lo cual hace a lución a la importancia de medir este parámetro en el diseño del sistema electrónico planteado en este proyecto.

- **Conductividad.** La conductividad de una sustancia se define como "la habilidad o poder de conducir o transmitir calor, electricidad o sonido"<sup>17</sup>.

Conducción específica, también conocida como conductividad, según lo afirma la publicación La Ciencia del Agua para Escuelas, de la USGS<sup>18</sup> y soportado por la

<sup>16</sup> Medida de calidad de agua: el pH disponible en internet < <http://www.lennotech.com/espanol/pH-y-alcinidad.htm> >

<sup>17</sup> Información Tomada del informe de Conductividad del Agua de LENNTECH, disponible en internet < <http://www.lennotech.com/espanol/conductividad-agua.htm> >

<sup>18</sup> USGS (United States Geological Survey) Water Resources of the United States

EPA<sup>19</sup>, es: la medición de la habilidad del agua para transportar corriente eléctrica. Depende en gran medida en la cantidad de materia sólida disuelta en el agua (como la sal). Agua pura, como el agua destilada, puede tener muy poca conductividad y en contraste, agua de mar tendrá una mayor conductividad. La conductividad específica es una medida importante de la calidad del agua, ya que indica la cantidad de materia disuelta en la misma.

- **Conductividad del agua<sup>20</sup>.** El Agua pura es un buen conductor de la electricidad. El agua destilada ordinaria en equilibrio con dióxido de carbono en el aire tiene una conductividad aproximadamente de  $10 \times 10^{-6} \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$  (20 S/m). Debido a que la corriente eléctrica se transporta por medio de iones en solución, la conductividad aumenta cuando aumenta la concentración de iones. De tal manera, que la conductividad cuando el agua disuelve compuestos iónicos.

Las unidades son Siemens por metro [S/m] en sistema de medición SI y micromhos por centímetro [mmho/cm].

Conductividad en distintos tipos de aguas:

Tabla 2. Niveles de conductividad en el Agua.

<b>Agua Ultra Pura</b>	<b><math>5.5 \cdot 10^{-6} \text{ S/m}</math></b>
<b>Agua del mar</b>	<b>5 S/m</b>

Fuente. <http://www.lenntech.com/espanol/conductividad-agua.htm>

La siguiente figura (Ve Figura 6) ilustra los valores típicos de conductividad en diferentes soluciones acuosas.

---

<sup>19</sup> Agencia de Protección Ambiental

<sup>20</sup> Ibíd. 16. Pág. 51.

Figura 6. Rangos de Conductividad en soluciones acuosas



Fuente. Técnicas de medición de Conductividad wtw catalogo disponible en internet <[www.wtw.com](http://www.wtw.com)>

• **Turbidez<sup>21</sup>**. La turbidez es “la expresión de la propiedad óptica de la muestra de un fluido que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra. La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión”<sup>22</sup>.

○ **Causas de la turbidez del agua<sup>23</sup>**. Hay cuatro causas principales para la turbidez en las aguas públicas:

- Presencia de fitoplancton y/o crecimiento de algas.
- Presencia de sedimentos procedentes de la erosión.
- Presencia de sedimentos removidos del fondo, generalmente por peces.

<sup>21</sup> INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION. 1985. ISO 6658 Sensory Analysis. Methodology – General Guidance, International Organization for SATandarizations, Geneva, Switzwerland, Turbidity Science by Michael J. Sadar. Technical Information Series–Booklet No. 11. Hach Company.

<sup>22</sup> Tomado de la publicación, Determinación de Turbidez, disponible en internet <<http://members.tripod.com/Arturobola/turbi.htm>>

<sup>23</sup> Explicación de Causas de Turbidez en el Agua, Laboratorio Ambiental de la CVC.

- Descarga de efluentes, básicamente escurrientías urbanas o industriales.

La turbidez se mide en NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez

- **Demanda Química de Oxígeno DQO<sup>24</sup>.** La DQO es la cantidad de oxígeno consumida por las materias existentes en el agua, oxidables en unas condiciones determinadas. Es la medida del material oxidable, cualquiera sea su origen, biodegradable y no biodegradable.

El vertimiento de aguas residuales domésticas o industriales incrementa el contenido de materia orgánica en el agua, amentando la DQO con la consecuente disminución del oxígeno disuelto. Las aguas residuales domésticas suelen contener entre 250 y 600 ppm de DQO. Las aguas no contaminadas tienen valores de DQO de 1 a 5 ppm.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO.** La DBO es una prueba que mide la cantidad de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aerobios.

El aumento de la DBO, al igual que la DQO ocasiona disminución del oxígeno disuelto, afectando la vida acuática. Valores de DBO mayores de 6 ppm indican alta contaminación.

- **Carbón Orgánico Total - COT<sup>25</sup>.** Consiste en medir la cantidad de dióxido de carbono producido por calcinación de una micro-muestra. Según que el agua haya sido filtrada previamente o no, se obtendrá el carbono disuelto o el carbono total. La medida de COT está menos sujeta a interferencias que la medida de la DQO, particularmente en presencia de materia nitrogenada, siendo además una técnica más rápida y reproducible. Se mide en mg C/l.

**2.3.2. Técnicas de medición de parámetros de calidad de agua.** Con el fin de determinar el valor preciso de cada uno de los parámetros de calidad de agua mencionados anteriormente, se deben estudiar las técnicas de medición

---

<sup>24</sup> Tomado de la ponencia del Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales de Colombia, CNPMLTA, disponible en internet <<http://www.cnpml.org/html/archivos/Ponencias/Ponencias-ID74.pdf> >

<sup>25</sup> Tomado de publicación de calidad de agua, Grupo Analiza Calidad certificado por ISO 9001:2000 <http://www.analizacalidad.com/paragua.htm>, disponible en Internet <[www.analizacalidad.com/paragua.htm](http://www.analizacalidad.com/paragua.htm)>



existentes para determinar el valor de cada una de las variables a medir. Este proceso resulta de gran importancia en este proyecto para establecer las características principales para la selección de los instrumentos de medición, ya que es de vital importancia contar con un sistema que mida los parámetros de acuerdo a una técnica optima que garantice un dato preciso y confiable.

La siguiente información muestra las diferentes técnicas existentes para la medición de los parámetros de calidad de agua (Oxígeno Disuelto, pH, Conductividad y Turbidez) seleccionados por el Laboratorio Ambiental de la CVC y se selecciona la técnica mas optima para caracterizar los instrumentos que harán parte esencial del modelo del sistema electrónico.

**2.3.2.1. Técnicas de medición de Oxígeno Disuelto<sup>26</sup>.** Existen varias técnicas las cuales permiten medir las concentraciones de Oxígeno Disuelto en el agua, tales como las analíticas (Métodos iometricos, Modificación de ácidos, entre otras) y electrónicas. Estas últimas se basan en dos tipos de sensores básicos para la medición tales como los sensores amperometricos y los ópticos. A continuación se introduce a las técnicas de medición donde se especifica que principio se basa cada una de estas. Según las técnicas y metodología de medición de oxígeno disuelto expuestas en el libro *Standard Methods for Examination of water & wastewater* traducido al español.

Técnicas de medición de OD:

- Técnica de luminiscencia LDO
  - Técnica Electroquímica.
- 
- **Técnica de Luminiscencia LDO.** Principio de la medición<sup>27</sup>: "El principio LDO está basado en el fenómeno físico de la luminiscencia, que se define como la propiedad de algunos materiales (luminóforos) de emitir luz cuando son excitados por un estímulo diferente del calor; en el caso del principio LDO, el estímulo es la luz. Si se escoge una combinación adecuada de luminóforo y longitud de onda de la luz de excitación, tanto la intensidad de la luminiscencia como el tiempo que

---

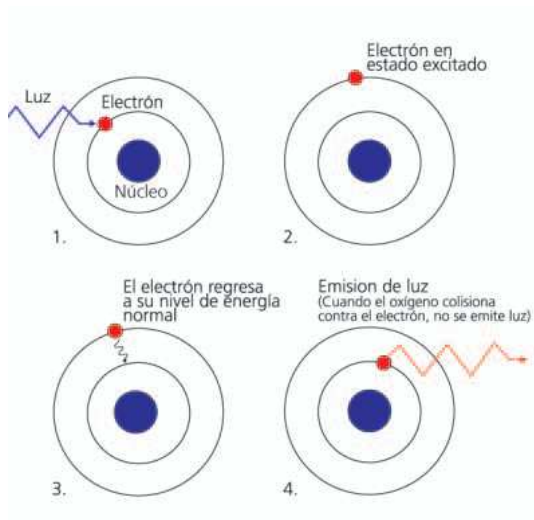
<sup>26</sup> Métodos de medición. Approved by Estándar Methods Committee, 2001,

<sup>27</sup> Tomado del Informe Practico Sistema de Control de Proceso LDO, Dr. Michael Häck Especialista en aplicaciones para aguas residuales y tecnología de medida de proceso HACH LANGE, Düsseldorf

ésta tarda en desvanecerse dependerán de la concentración de oxígeno que rodea el material"<sup>28</sup>.

Esta técnica la técnica consiste en irradiar con una luz azul una capa sensorial como se muestra en la figura 7 (Ver Figura 7), sensible al oxígeno. Por medio de ellas las moléculas en dicha capa son llevadas a un alto nivel de excitación lo cual repercute en un alto nivel de energía. Mientras las moléculas vuelven a su estado energético normal, luminan (irradian).

Figura 7. Principio de medición Óptico



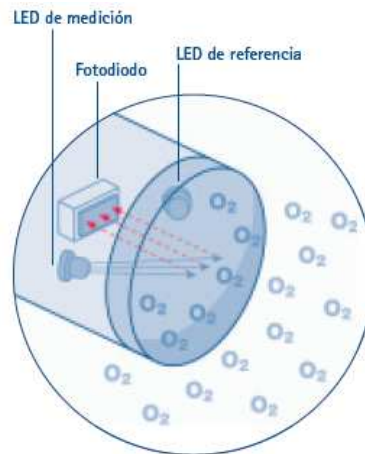
Fuente- <http://www.haffmans.nl>

El oxígeno acelera la normalización del estado de las moléculas, emitiendo luz roja. Por la diferencia de tiempo entre la irradiación y luminiscencia, que se mide en forma de un desplazamiento de fase, así como de la temperatura, se calcula el valor de OD, por medio de un fotodiodo, como se observa en la figura 8 (ver Figura 8)

---

<sup>28</sup> Ibíd.

Figura 8. Principio de medición de OD



Fuente. Hach Lance LDO measurement

- **Técnica electroquímica<sup>29</sup>.** El elemento sensor, constituido por una célula cerrada por una membrana selectiva como se observa en la figura 9 (Ver Figura 9) conteniendo un electrolito y dos electrodos metálicos se sumergen en el agua o muestra a analizar. La membrana es impermeable al agua y a las materias iónicas disueltas, pero permeable al oxígeno.

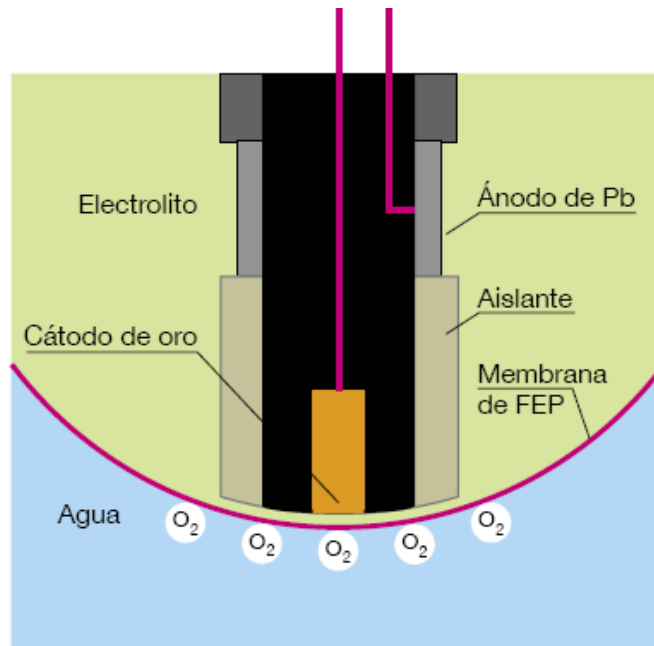
Al aplicar una diferencia de potencial entre los electrodos por un voltaje externo, el oxígeno que pasa a través de la membrana se reduce en el cátodo produciendo una corriente eléctrica.

La corriente así producida es directamente proporcional al índice de transporte de oxígeno a través de la membrana y, por tanto, a la concentración de oxígeno disuelto en el agua.

---

<sup>29</sup> Tomado de DETERMINACION DEL OXIGENO DISUELTO EN AGUAS (METODO ELECTROQUIMICO) J. Morillo, Universidad de Sevilla España, Pág. 24.

Figura 9. Esquema del electrodo



Fuente. [http://www.crison.es/pdfs/09/crison\\_9\\_1.pdf](http://www.crison.es/pdfs/09/crison_9_1.pdf)

- **Comparación y Selección de la mejor técnica.** La siguiente tabla (Ver tabla 3) muestra un cuadro comparativo de características de las técnicas de medición anteriormente expuestas la cual servirá como referencia para seleccionar la mejor técnica para la caracterización de dispositivos del capítulo 5. Los parámetros y criterios de selección fueron detallados y especificados por el Laboratorio Ambiental de la CVC junto al grupo de trabajo de la Red de Monitoreo, basándose en los antecedentes de sensores y métodos de selección de técnicas.

Tabla 3. Tabla comparativa de técnicas de medición oxígeno disuelto

<b>TABLA COMPARATIVA DE TECNICAS DE MEDICION OXÍGENO DISUELTO</b>		
<b>Parámetro</b>	LDO	Electroquímica
<b>Calibración</b>	Poco desgaste	Desgaste de electrodos
<b>Cambio de membrana (Mantenimiento)</b>	Cambio de capsula cada 2 años (No posee membrana)	Cambio de membrana cada 7 meses
<b>Precisión en la medición</b>	No depende de la conductividad del	Depende de la conductividad del agua

	agua	
<b>Perturbaciones en la muestra</b>	No Aplica (No implica consumo de oxígeno)	Agitación para evitar empobrecimiento de las moléculas de oxígeno.
<b>Agentes contaminantes</b>	No tiene degradación de capsula	La membrana se degrada fácilmente
<b>Sensibilidad</b>	Alta	Media
<b>Tiempos de Respuesta</b>	Altos (solo requiere de moléculas de oxígeno en contacto a la capsula)	Bajos (Depende de la conductividad del agua)

De la tabla anterior se puede observar que la técnica de LDO (Luminisence Disolved Oxygen) es la técnica óptima para la medición de este parámetro puesto que presenta un mayor número de ventajas ante la técnica de medición electroquímica. Para la Corporación es de vital importancia reducir costos de mantenimiento y calibración de las sondas que se adquieran para hacer la medición, por ello se elije la técnica LDO como la optima para la medición de oxígeno disuelto.

**2.3.2.2. Técnicas de medición de pH<sup>30</sup>.** Existen varias técnicas las cuales permiten medir el nivel de pH en el agua, tales como las analíticas y las eléctricas, a continuación se nombraran y se hará una breve descripción de cada una de ellas:

- Papel indicador del pH.
- Métodos electrométricos
  - Electrodo simple de pH.
  - Electrodo diferencial de pH

- **Papel indicador del pH.** La medición del pH por medio del papel indicador de pH es una técnica descriptiva la cual consiste en un trozo de papel en la solución, e identificando el color que este toma por el nivel de pH sobre la muestra.

<sup>30</sup> Métodos de medición. Approved by Estándar Metods Committee, 2000

Este método no por ser totalmente analítico no resulta ser eficiente para este proyecto, puesto que no es un dispositivo electrónico el cual sea capaz de determinar el nivel de pH en el Río Cauca con una alta precisión y exactitud.

- **Métodos Electrométricos.** El principio de medición por métodos Electrométricos según lo afirma la asociación americana de trabajos de agua (American Water Works Association) en su publicación Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales es “la determinación de la actividad de iones de hidrogeno por mediciones potenciometricas usando un electrodo de hidrogeno estándar como referencial”<sup>31</sup>.

- **Electrodo de unión simple de pH.** La siguiente información<sup>32</sup> fue tomada del informe de calidad de agua el pH de LENNTECH, empresa líder en el tratamiento de agua y purificación del aire

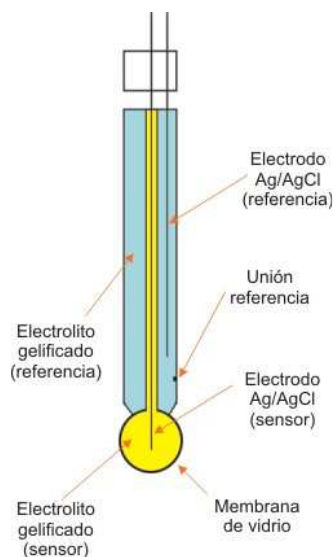
El electrodo de pH (Ver Figura 10) es un tubo lo suficientemente pequeño como para poder ser introducido en un tarro normal. Está unido a un pH-metro por medio de un cable. Un tipo especial de fluido se coloca dentro del electrodo; este es normalmente “cloruro de potasio”. Algunos electrodos contienen un gel que tiene las mismas propiedades que el fluido. En el fluido hay cables de plata y platino. El sistema es bastante frágil, porque contiene una pequeña membrana. Los iones  $H^+$  y  $OH^-$  entrarán al electrodo a través de esta membrana. Los iones crearán una carga ligeramente positiva y ligeramente negativa en cada extremo del electrodo. El potencial de las cargas determina el número de iones  $H^+$  y  $OH^-$  y cuando esto haya sido determinado el pH aparecerá digitalmente en el pH-metro. Lo cual quiere decir que el electrodo detecta el cambio de voltaje causado por la acides en el agua.

---

<sup>31</sup> Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, American Water Works Association, American Public Health Association, Water Pollution Control Federation, Mary Ann H. Franson, Pag 4 - 107 1992

<sup>32</sup> Información tomada del informe de calidad de agua el pH de LENNTECH, disponible en internet <<http://www.lenntech.com/espanol/pH-y-alcalinidad.htm> >

Figura 10. Electrodo de pH.



Fuente [www.idegis.org/Esquema\\_sonda\\_ph.jpg](http://www.idegis.org/Esquema_sonda_ph.jpg)

Comentario: “De igual manera sucede con los sistemas redundantes de dos y tres electrodos los cuales presentan ciertas ventajas y desventajas los unos a los otros. Un ejemplo de estas es el deterioro de la membrana de cada sensor”<sup>33</sup>.

○ **Electrodo Diferencial**<sup>34</sup>. El método determina el pH midiendo el potencial generado (en milivolts) por un electrodo (Ver Figura 11), este potencial se compara contra un electrodo de referencia, que genera un potencial constante e independiente del pH.

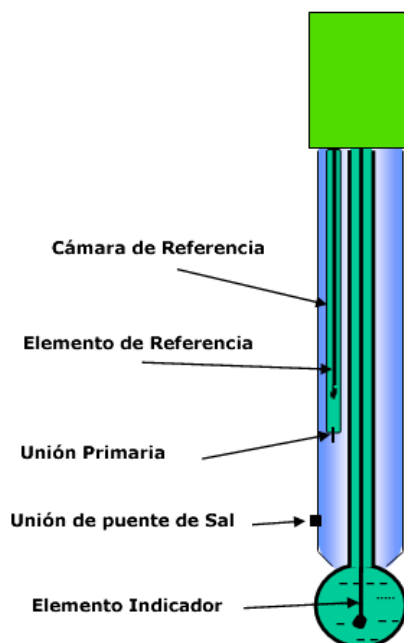
Esta característica hace que el electrodo diferencial a pesar de su poca rapidez para la medición sea un método bastante efectivo para la determinación de pH puesto que se tiene una referencia para la medición.

Es un electrodo más lento que el de unión simple, pero al estar aislada la cámara de referencia, es más difícil que se contamine con el elemento de referencia.

<sup>33</sup> Basado en antecedentes de instrumentación (pH) del Laboratorio Ambiental de la CVC.

<sup>34</sup> Electrodos para medir pH (Junio 2004), Lyl M. Ciganda Monografía vinculada a la conferencia del Ing. Quim. Juan Bussi: “Biosensores para determinaciones analíticas”, del 20 de abril de 2004. Pág. 1

Figura 11. Electrodo diferencial



Fuente. <http://www.hannachile.com/noticias-articulos-y-consejos/consejo-del-mes/157-elecci>

- **Comparación y Selección de la mejor técnica.** La siguiente tabla (Ver tabla 4) muestra un cuadro comparativo de características de las técnicas de medición anteriormente expuestas la cual servirá como referencia para seleccionar la mejor técnica para la caracterización de dispositivos del capítulo 5. Los parámetros y criterios de selección fueron detallados y especificados por el Laboratorio Ambiental de la CVC junto al grupo de trabajo de la Red de Monitoreo, basándose en los antecedentes de sensores y métodos de selección de técnicas.

Tabla 4. Tabla comparativa de técnicas de medición pH

<b>TABLA COMPARATIVA DE TECNICAS DE MEDICION pH</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Electrodo Simple de pH</b>	<b>Electrodo diferencial de pH</b>
<b>Calibración</b>	Necesita de soluciones salinas y básicas para calibración	Necesita de soluciones salinas y básicas para calibración
<b>Mantenimiento (Calibración)</b>	Alto – se necesitan sustancias (de 4 a 6 veces al año)	Alto – se necesitan sustancias (de 2 a 3 veces al año)



<b>Campo de trabajo</b>	Laboratorio	Poca des calibración de la referencia.  Terreno (campo, ríos, soluciones acuosas que pueden tener cualquier tipo de perturbación)
<b>Precisión en la medición</b>	Depende de la conductividad del agua	Depende de la conductividad del agua
<b>Sistema de Referencia</b>	No Aplica	Tiene un electrodo de referencia y una sustancia de calibración interna
<b>Perturbaciones en la muestra</b>	Sensible a agentes reactivos (des calibración)	No se des calibra fácilmente
<b>Numero de electrodos</b>	Uno (1)	Dos (2 o más)
<b>Sensibilidad</b>	Media	Alta

De la tabla anterior se puede observar que la técnica de Electrodo Diferencial es la técnica óptima para la medición de este parámetro puesto que presenta un mayor número de ventajas ante la técnica de medición por electrodo simple, además que la técnica de electrodo diferencial presenta un sistema de referencia para hacer la medición y no es de gran necesidad hacer un considerable número de calibraciones anualmente a comparación del electrodo simple. Para la Corporación es de vital importancia reducir costos de mantenimiento y calibración de las sondas que se adquieran para hacer la medición, por ello se elige la técnica de Electrodo Diferencial como la optima para la medición de pH.

**2.3.2.3. Técnicas de Medición de Conductividad<sup>35</sup>.** Existen diferentes técnicas para la medición de la conductividad en el agua tales como:

- Métodos de laboratorio.

<sup>35</sup> Approved by Standard Methods Committee, 1997. Joint Task Group: 20<sup>th</sup> Edition – Robert M. Bagdigan (Chair), Stephen W. Johnson, William F. Koch, Russel W. Lane, Misha Plam.

- Salinidad.
- Métodos eléctricos.

A continuación se presentan los métodos eléctricos para la medición de este parámetro de calidad de agua, los cuales son:

- Técnica por electrodos
- Técnica Inductiva

- **Técnica por Electrodos<sup>36</sup>**. La información presentada a continuación fue tomada del manual de Técnicas para la Determinación de Calidad de Agua de la WTW<sup>37</sup>.

La conductividad de un electrolito se determina con una resistencia electroquímica. En su configuración más simple, la celda de medición utiliza dos electrodos a los que se les aplica un voltaje alternante. Se mide, entonces, la corriente eléctrica que es directamente proporcional a los iones libres en el electrolito, en la figura 12 (Ver Figura 12).

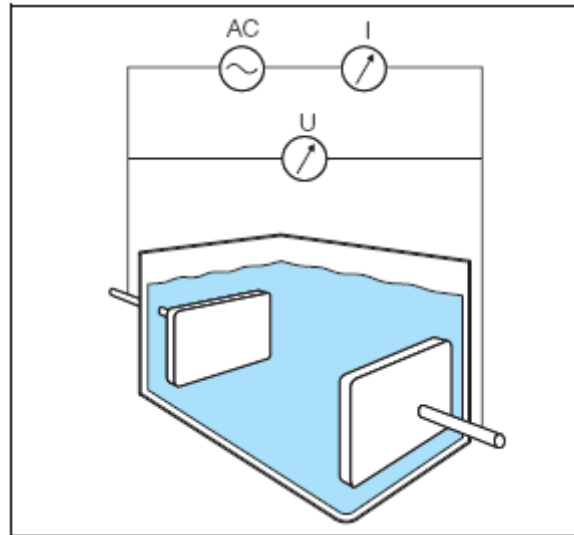
Es importante saber que cuando el agua contiene un electrolito disuelto en ella se convierte en un conductor donde la resistencia es proporcional a la distancia entre electrodos e inversamente proporcional al área de estos.

---

<sup>36</sup> Tomado del Manual de Técnicas de medición, WTW, pag 26

<sup>37</sup> Ibíd. 14, Pág.48

Figura 12. Medición de conductividad por electrodos



Fuente. Técnicas de medición Conductividad Endress + Hauser

- AC – Fuente de Alimentación
- I – Medidor de corriente
- V– Medidor de voltaje

Comentario: El principio eléctrico que es aplicado es la ley de ohm la cual dice que cuando se mantiene una diferencia de potencial de un conductor, se produce por él una corriente eléctrica directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia del mismo.

- Técnica Inductiva<sup>38</sup>. La siguiente información fue tomada de las notas técnicas de la empresa Hendress and Houser.

Una de las aplicaciones más comunes es la medición de la conductividad por técnicas inductivas, en la figura 13 (Ver Figura 13) se observa como por medio de la generación de un campo electromagnético se puede medir esta variable.

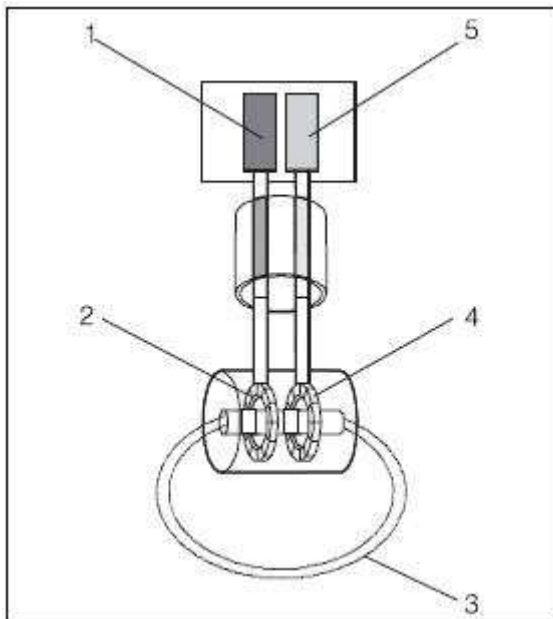
Principio de la medición.

---

<sup>38</sup> Tecnica lductiva de la Enddress And Houser disponible en internet <http://www.es.endress.com/Tratamiento Conductivity Sensors>

Un generador (1) genera un campo magnético alterno a la primera bobina (2) la cual induce una corriente en el medio (3). La fuerza de la corriente inducida depende de la conductividad y también de la concentración de iones en el medio. El flujo de corriente genera otro campo magnético en la segunda bobina (4). La corriente inducida resultante en la bobina es medida por el receptor 5 y procesada para determinar la conductividad.

Figura 13. Medición inductiva de la conductividad en el Agua.



Fuente. Información técnica HENDRES + HAUSER.

- (1) Generador
- (2) Inductor primario
- (3) Flujo de corriente en el medio
- (4) Inductor secundario
- (5) Receptor

• **Comparación y Selección de la mejor técnica.** La siguiente tabla (Ver tabla 5) muestra un cuadro comparativo de características de las técnicas de medición anteriormente expuestas la cual servirá como referencia para seleccionar la mejor técnica para la caracterización de dispositivos del capítulo 5. Los

parámetros y criterios de selección fueron detallados y especificados por el Laboratorio Ambiental de la CVC junto al grupo de trabajo de la Red de Monitoreo, basándose en los antecedentes de sensores y métodos de selección de técnicas.

Tabla 5. Tabla comparativa de técnicas de medición de Conductividad

<b>TABLA COMPARATIVA DE TECNICAS DE MEDICION</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>TÉCNICA INDUCTIVA</b>	<b>TÉCNICA POR ELECTRODOS</b>
<b>Calibración</b>	– Necesita de soluciones salinas y básicas para calibración	– Necesita de soluciones salinas y básicas para calibración
<b>Mantenimiento</b>	Bajo – Depende de la corrosividad del medio. – Bajo Flujo resistivo.	Medio – Usualmente usan electrolitos con membrana para determinación de la conductividad.
<b>Precisión en la medición</b>	– Depende de la conductividad del agua	– Depende de la conductividad del agua
<b>Perturbaciones en la muestra</b>	– No depende de la salinidad del agua (Campo Electromagnético)	Depende de salinidad del agua, afectado por los sólidos en suspensión y sedimentación.
<b>Sensibilidad</b>	Alta – No depende de polarización de electrodos	Media – Depende de la polarización de los electrodos y de los sólidos suspendidos

De la tabla anterior se puede observar que la técnica inductiva es la técnica óptima para la medición de este parámetro puesto que presenta un mayor número de ventajas ante la técnica de medición por Electrodos, además que la técnica de que la técnica inductiva presenta mayor inmunidad a los sólidos suspendidos en la muestra, al no haber electrodos, no hay polarización, la medición es unidimensional, menor degradación por corrosión en los inductores. Para la Corporación es de vital importancia reducir costos de mantenimiento y calibración de las sondas que se adquieran para hacer la medición, por ello se elige la técnica Inductiva como la óptima para la medición de Conductividad.

**2.3.2.4. Técnicas de Medición de Turbidez<sup>39</sup>.** La técnica tradicional de medida de la turbidez consiste, en pocas palabras, en mirar a través del líquido de muestra hasta que deja de verse, al otro lado, un haz de luz o un objeto determinado. En función del espesor o altura de la capa de líquido que impide ver con nitidez el objeto se deduce el grado de turbidez. Cuanto menor es la capa, mayor es el grado de turbidez. Entre estas técnicas primarias, se encuentran:

- Método Óptico
  - Método de doble haz.
  - Método de cuatro haces modulados.

A continuación veremos una breve explicación de cada uno de estas técnicas de medición.

- **Método óptico<sup>40</sup>.** Se emite un rayo (haz) de luz que pasa a través de la muestra se dispersa en todas las direcciones como se observa en la figura 14 (Ver Figura 14).

La intensidad y el patrón de la luz dispersa son resultado de muchas variables como la longitud de onda de la luz incidente, el tamaño de las partículas, la forma, el índice de refracción y el color.

El sistema óptico y la técnica de medición permiten la compensación de las fluctuaciones en la intensidad de la lámpara, minimizando la necesidad de calibrarlo frecuentemente.

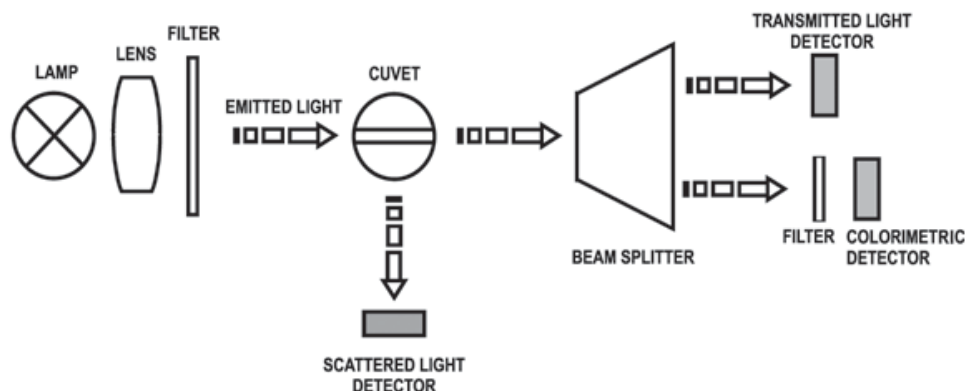
La capacidad de detección de bajos niveles de turbidez es determinada por la también llamada “luz perdida”, la luz perdida es la que se detecta por los sensores y que no es causada por la dispersión de luz provocada por las partículas suspendidas

---

<sup>39</sup> Approved by Standard Methods Committee, 2001. Joint Task Group: 20th Edition - -Raynold D. Letterman, Kemon J. Papacosta, Theodore S. Tanaka , Bannon H. Wilder.

<sup>40</sup> Tomado de las especificaciones del medidor de turbidez y cloro de la compañía HANNAH de acuerdo a la Norma EPA.

Figura 14. Método óptico de Hanna.



Fuente. <http://www.hannainst.com.mx/folleto/hi93414.pdf>

- **Método del doble haz**<sup>41</sup>. Para minimizar el efecto de la disminución gradual de la intensidad de la fuente de luz se ha desarrollado el método del doble haz, como se puede apreciar en la figura 15 (Ver Figura 15).

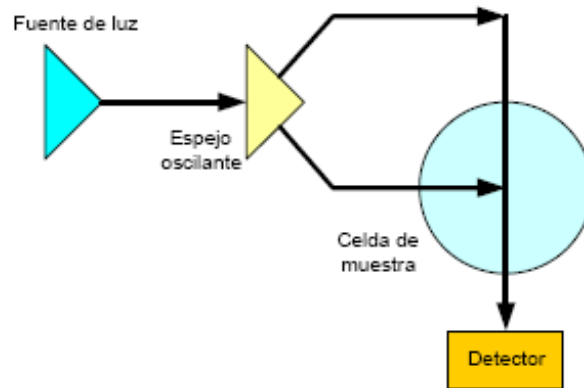
Este método usa una única fuente de luz que se divide por medio de un espejo oscilante en dos haces luminosos: un haz de medida y un haz de referencia.

La medida se hace de forma diferencial por una sola fotocélula que detecta las diferentes intensidades de luz de ambos haces. De esta forma se reduce la necesidad de calibraciones frecuentes y, cuando se usa con una fuente de luz monocromática, elimina totalmente la necesidad de recalibraciones.

A pesar de que este método de doble haz minimiza o elimina la necesidad de frecuentes calibraciones, no soluciona el problema de lecturas inestables con valores muy altos de turbidez.

<sup>41</sup> Tomado de Sistemas de Analisis – Analizadores de procesos, Proyecto ICUE Tema 1.3.05 – Turbidez, F. Velasco Aparicio Tarragona-Cambrils, Abril-Julio, 2007.

Figura 15. Método de doble haz



Fuente. <http://www.proyectoicue.com/icue-T1-3-05-Turbidez.pdf>

○ **Método de cuatro haces modulados**<sup>42</sup>. Este método utiliza dos fuentes de luz y dos foto detectores como se muestra en la figura 16 (Ver Figura 16). Estos componentes están situados a intervalos de 90° alrededor de una celda de medida circular.

Cada medio segundo, el instrumento realiza dos fases de medida y el microprocesador calcula la medida de la turbidez.

En la primera fase:

- La fuente de luz nº 1 emite un pulso de luz directamente al foto detector nº 2.
- Al mismo tiempo, el detector nº 1 mide la luz dispersa.

En la segunda fase:

- Es la fuente nº 2 la que emite un pulso de luz directamente al detector nº 1.
- El detector nº 2 mide entonces la luz dispersa.

---

<sup>42</sup> Ibíd. 39. Pág. 69

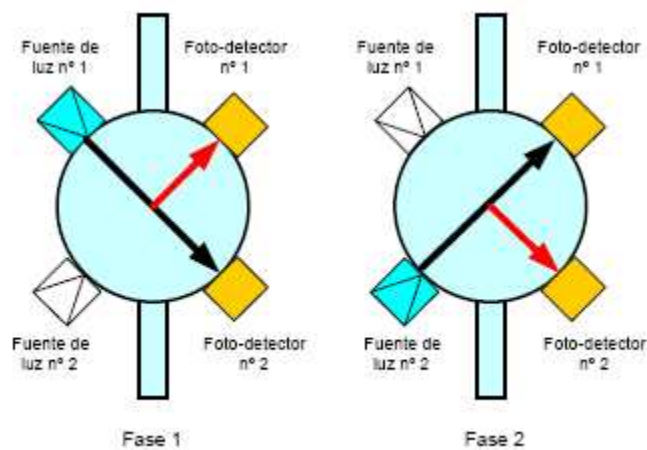


Cada vez que una fuente es activada emite un haz activo y uno de referencia. Las dos fuentes funcionan de forma alternativa, de la misma forma los dos detectores se alternan leyendo una señal de medida y una de referencia.

Esta medida de dos fases proporciona cuatro medidas independientes originadas por dos fuentes de luz, usando medidas directas de la luz por los dos detectores y medidas de la luz dispersa por los dos mismos detectores.

Este método elimina todos los términos de error derivados del envejecimiento de las fuentes de luz o ensuciamiento de componentes y reduce los errores debidos a factores de color.

Figura 16. Método de cuádruple haz



Fuente. <http://www.proyectoicue.com/icue-T1-3-05-Turbidez.pdf>

- **Comparación y Selección de la mejor técnica.** La siguiente tabla (Ver tabla 6) muestra un cuadro comparativo de características de las técnicas de medición anteriormente expuestas la cual servirá como referencia para seleccionar la mejor técnica para la caracterización de dispositivos del capítulo 5. Los parámetros y criterios de selección fueron detallados y especificados por el Laboratorio Ambiental de la CVC junto al grupo de trabajo de la Red de Monitoreo, basándose en los antecedentes de sensores y métodos de selección de técnicas.

Tabla 6. Tabla comparativa de técnicas de medición de Turbidez

<b>TABLA COMPARATIVA DE TECNICAS DE MEDICION</b>		
<b>Parámetro</b>	- Método de doble Haz	- Método de cuatro haces modulados
<b>Calibración</b>	- De dos (2) a tres (3) Veces anualmente	- De dos (2) a tres (3) Veces anualmente
<b>(Mantenimiento)</b>	- Cambio de membrana cada 9 meses	- Cambio de membrana cada 5 meses
<b>Precisión en la medición</b>	- Alto	- Alto
<b>Perturbaciones en la muestra</b>	- Sólidos en suspensión	- Sólidos en suspensión
<b>Agentes contaminantes</b>	- Sedimentación - Fitoplantacion	- Sedimentación - Fitoplantacion
<b>Sensibilidad</b>	- Media	- Alta
<b>Tiempos de Respuesta</b>	- Medio (Es afectado por la densidad de la muestra)	-Alto (No se ve afectado por la Densidad de la muestra )
<b>Aplicaciones</b>	- Aguas residuales - Muestras de laboratorio	- Aguas residuales -Muestras de laboratorio

De la tabla anterior se puede observar que ambas técnicas ópticas son óptimas y para la medición de este parámetro puesto que presentan una gran similitud entre si variando un poco la complejidad de la técnica. Para la Corporación es de vital importancia reducir costos de mantenimiento y calibración de las sondas que se adquieran para hacer la medición, por ello se elije la técnica de cuatro haces modulados como la optima para la medición de Turbidez.

**2.3.3. Sistema de transmisión GOES<sup>43</sup>.** La siguiente información que se presenta en esta sección fue tomada del Memorando NESDIS NOAA DE COLECCIÓN DE DATOS DEL SATÉLITE MEDIOAMBIENTAL OPERACIONAL GEOESTACIONARIO.

Los Estados Unidos de América actualmente operan los satélites Geoestacionarios Operacionales (GOES) que son un sistema integrado de Tierra-espacio de sensores medioambientales que proporcionan la información de manera casi continua a las estaciones de usuario tierra-base.

El sistema GOES es operado y controlado por el Satélite Medioambiental Nacional, de Datos, y el Servicio de Información (NESDIS) de la Administración Atmosférica y Oceánica Nacional (NOAA) de la Sección americana de Comercio. El sistema fue desarrollado por NESDIS junto con la Aeronáutica Nacional y Administración del Espacio (NASA) y basados en los resultados de experimentos antiguos con los satélites de tecnología avanzada de la NASA. El sistema GOES consiste en varios subsistemas observadores incluso el sistema de colección de datos (DCS). El DCS usa la nave espacial GOES para la transmisión de datos en sitio localizados remotamente en o cerca de la superficie de la Tierra.

Hay dos GOES operacionales localizados en orbitas sincronizadas con la tierra encima del Ecuador de longitudes 75°O y 135°O. Estas naves espaciales tienen un radio de inspección que cubre la mayoría de La tierra desde 0°E hacia el oeste 165°E de longitud. La cobertura de la región polar magnetizada se limita aproximadamente 77° de latitud norte o sur y es además restringido para latitudes más bajas en cualquier dirección desde los 75° y 135° de longitud más allá del sub-punto del satélite. Ver Figura 17.

Los Cuatro Subsistemas Funcionales del DCS GOES son los cuales se ilustran en la figura 18 (Ver Figura 18).

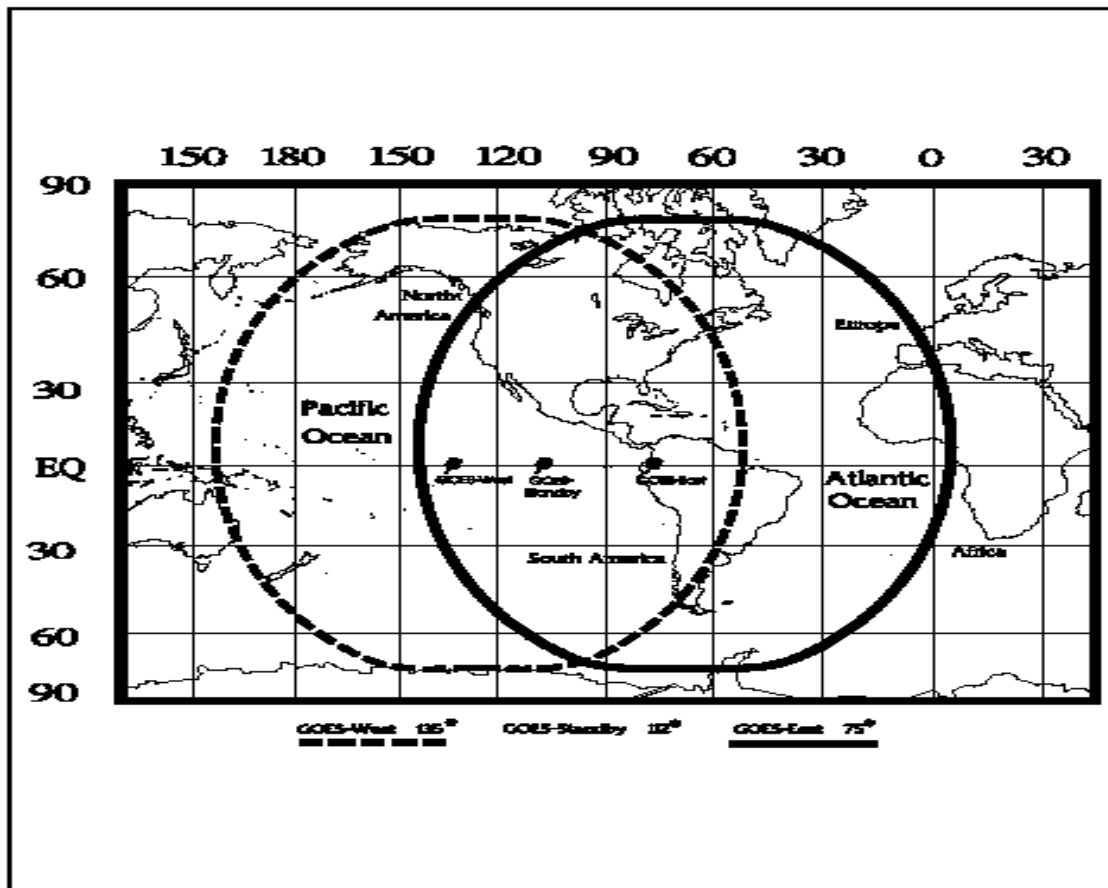
1. Plataforma de Colección de Datos Desplegados (DCP)
2. Satélite Este y oeste
3. Estación de Adquisición de Datos y Ordenes (CDA)

---

<sup>43</sup> Memorando Técnico NESDIS 40 NOAA SISTEMA DE COLECCIÓN DE DATOS DEL SATÉLITE MEDIOAMBIENTAL OPERACIONAL GEOESTACIONARIO Michael J. Nestlebusch Washington, D.C. Marzo 1994

#### 4. Satélite de Diseminación de Datos DOMSAT

Figura 17. Geometría de la Cobertura del DCS



Fuente. Memorando Técnico NESDIS 40 NOAA

**2.3.3.1. Sistema Terrestre NESDIS.** El sistema de tierra puede ser dividido en dos grupos: el equipo de radio frecuencia del extremo delantero y computador del DCS o DAPS. Cada uno de estos subsistemas realiza transferencia de datos especializados manejando y procesando las funciones en el GOES DCS. El sistema DAPS consta de dos sistemas de computador idénticos con idéntico mensaje de extremo frontal y comparten un par de discos duros en espejo.

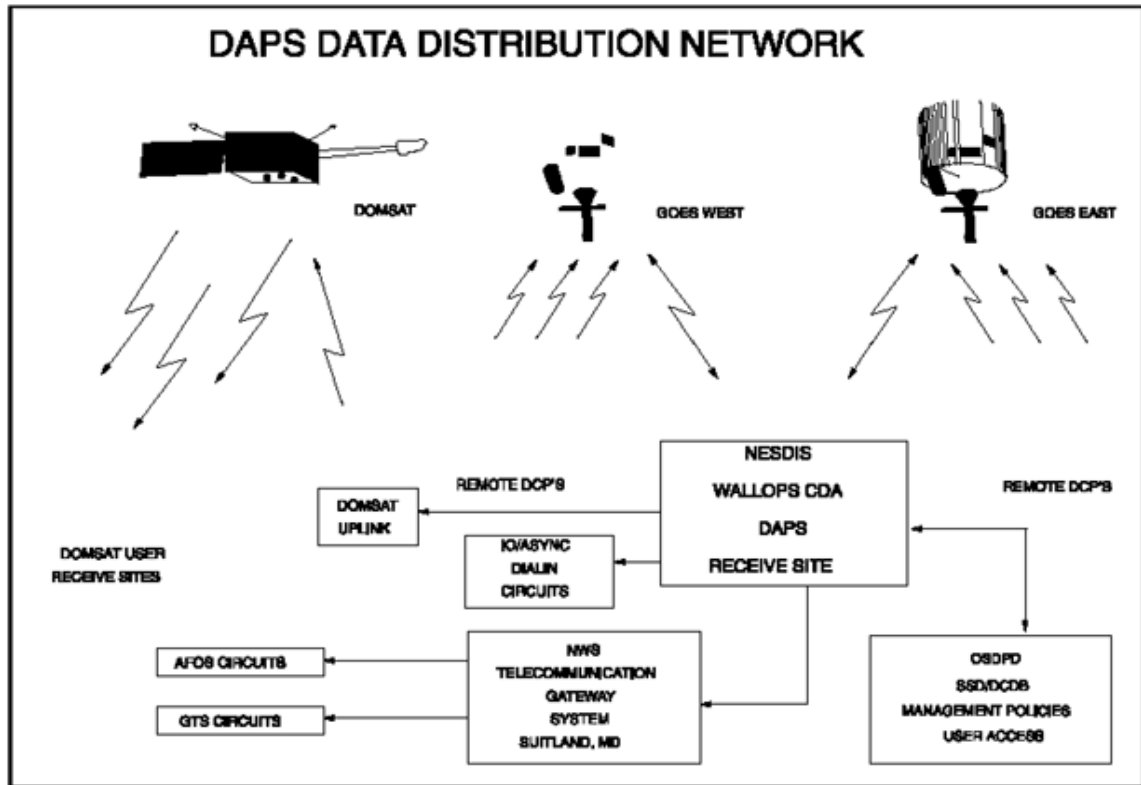
- **Transmisión de Mensajes de Satélite Este y Oeste.** Los dos satélites operacionales que apoyan el GOES DCS son llamados GOES Este (localizado a 75°O de longitud) y GOES Oeste (localizado a 135°O de longitud). Cada satélite

es capaz de soportar los 233 canales (200 domésticos, 33 internacionales) de respuesta (ver Apéndice A).

Para proporcionar un canal extra que resguarde el ancho de banda para las frecuencias domésticas del GOES DCS se asignan como sigue, *canales de numeración impar* para el satélite oriental a 75°O y *canales de numeración par* para el satélite occidental en 135°O. Esto produce una separación de 3.0 KHz entre canales adyacentes en el satélite. Las transmisiones desde un tipo de DCP (modo interrogado, auto temporizado, etc.) no se mezclarán con otro tipo en el mismo canal. Los canales internacionales se asignan para ambos satélites en todo momento.

Señales Comando / Interrogación desde la estación CDA son recibidas por el satélite apropiado en banda corta y luego convertidas a UHF (la interrogación del satélite este y oeste y las frecuencias de mando son diferentes: Oeste = 468.825 MHz, Este = 468.8375 MHz) y retransmitidas a través de una antena de cobertura terrestre al campo del DCP desplegado. Señales de respuesta desde el DCP interrogado y señales transmitidas desde el auto temporizado y el DCP de reporte aleatorio son recibidas por el satélite en UHF, y convertidas a banda corta, y retransmitidas a la estación CDA. El transpondedor (radio- radar) del satélite es totalmente redundante para prevenir los paros debido a fallas prematuras del equipo.

Figura 18. Cuatro Subsistemas Funcionales del GOES DCS



Fuente. Memorando Técnico NESDIS 40 NOAA

**2.3.3.2. Actuales Modos de Operación.** El sistema actual apoya tres modos operacionales; Modo interrogación, Auto-temporizado y reporte aleatorio. *El modo interrogación* requiere ser interrogado desde el sistema de tierra NESDIS a través del satélite antes que replique el DCP. *El modo auto-temporizado* asigna ranuras de tiempo específico en un canal de contestación y el DCP contiene un dispositivo de temporización que regula sus transmisiones de respuesta. *El modo de reporte aleatorio* requiere que el DCP conteste cuando un inicio preestablecido de un parámetro de medida crítico es alcanzado. Para asegurar una probabilidad alta que el mensaje ha sido recibido, los mensajes de reporte aleatorio son cortos (2 a 4 segundos) y son repetidos de manera aleatoria una o más veces.

## 2.4. CONCLUSIONES DE CAPÍTULO

En este capítulo se describieron especificaciones del diseño del sistema electrónico, evaluación macro del proyecto asociado a la problemática y se

puntualizan requerimientos establecidos por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. para el desarrollo del mismo de acuerdo con sus políticas empresariales.

Se establecieron las condiciones, restricciones, necesidades y requerimientos técnicos de la Corporación para el desarrollo del proyecto.

Según el planteamiento de la Corporación, se definieron las pautas a seguir durante el proyecto teniendo en cuenta tres aspectos específicos y de igual manera importantes los cuales son:

- Calidad del dato.
- Confiabilidad del dato
- Representatividad del dato.

Se describieron los antecedentes de la red Hidroclimatológica lo cual permitió dar un enfoque preciso al cumplimiento del objetivo general del proyecto, analizando las ventajas y desventajas que actualmente la Red de Monitoreo tiene dentro del departamento Valle del Cauca, en las estaciones de automáticas por su diseño original.

Se puntualizaron los requerimientos y necesidades del cliente como también se puntualizaron las Premisas y restricciones de la Corporación para el desarrollo de este proyecto.

En este capítulo se estudio el Proyecto a nivel macro, donde se hizo énfasis en los alcances que este proyecto a nivel socio-económico podría tener como resultado, para ello se puntualizaron los ítems, AREA DE INFLUENCIA, ACTORES ASOSIADOS AL PROBLEMA, POBLACION BENEFICIADA, los cuales dieron una visión general del impacto que proyecto como tal representara ante la sociedad.

Se analizaron alternativas de solución las cuales se centralizaron principalmente en planes de contingencia para mitigación de la problemática por medio de implementaciones de estaciones de calidad en las diferentes zonas que se encuentran caracterizadas por falencia de información y desarrollo de campañas de monitoreo.

Se identificaron cada una de las descripciones de causas del problema identificado, a descripción del proyecto macro y se realizó una comparación entre el problema y los objetivos obteniendo de esta manera una clara visión para cumplir con los requerimientos del cliente a nivel macro y con la justificación de este proyecto.

Se encontró en la metodología un orden cronológico satisfactorio el cual permitió distribuir de una manera organizada las tareas temporales de actividades a desarrollar para el desarrollo del proyecto, aquellas que seguían el método de ingeniería concurrente.

En este capítulo se logró mediante el estudio de los parámetros de calidad de agua hacer una investigación de cada una de las técnicas de índole eléctricas y electrónicas actuales para hacer la medición de cada uno de los parámetros de calidad de agua.

Se concluye por medio del estudio de las técnicas de medición de los parámetros de calidad de agua descritos en el capítulo, que las técnicas de medición aptas para las características de la instrumentación necesaria para medir los siguientes parámetros son:

- Oxígeno Disuelto (OD) – Luminiscencia
- pH – Electrodo Diferencial
- Conductividad – Técnica inductiva
- Turbidez – Técnica de medición Óptica

Se logró hacer una breve introducción a los sistemas de transmisión satelitales en este caso por medio del satélite GOES, su funcionamiento en el espacio y algunos parámetros de operación.

Se obtuvo un conocimiento fructífero en aéreas electroquímicas puesto que las variables biológicas no son énfasis para la aplicación en el plan de estudios de la ingeniería electrónica.



### **3. TRABAJO DE CAMPO – RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS**

En este capítulo se hace el análisis de los datos históricos de los parámetros de calidad de agua en del Río Cauca, obtenidos por del Laboratorio Ambiental de la CVC, con el propósito de establecer los rangos de medición necesarios para seleccionar la instrumentación de las estaciones automáticas y se discriminan los criterios de selección de los mismos de acuerdo a las necesidades establecidas por la Corporación.

#### **3.1. ANÁLISIS RÍO CAUCA**

**3.1.1. Ubicación geográfica de las estaciones automáticas.** La ubicación geográfica de las estaciones corresponde a una necesidad de la CVC, la cual se ha venido preocupando por las condiciones de calidad del agua que se da en el río a lo largo del paso de este por el departamento del Valle del Cauca, en especial por su travesía por la ciudad de Cali y la zona industrial, de igual manera para establecer las características de entrada por el sur (departamento del Cauca) y entrega al departamento de Risaralda.

Para establecer las condiciones de entrada al valle del Cauca se implemento la estación de monitoreo de cantidad y calidad de agua de TABLANCA ubicada en el municipio de Jamundi, corregimiento de Robles (ver ficha técnica TABLANCA, Anexo K) la cual cuenta con un registro de información de más de 10 años. Para establecer la Calidad del agua a la entrada de la ciudad de Cali se cuenta con la estación de JUANCHITO la cual se encuentra ubicada en el municipio de Candelaria, corregimiento de Juanchito (ver ficha técnica JUANCHITO, Anexo L) la cual cuenta con un registro de información de más de 10 años. Para establecer la calidad del agua después del paso del Río por la Ciudad de Cali, y parte de la Zona industrial, se cuenta con la estación CARTÓN COLOMBIA, la cual está ubicada en el municipio de Yumbo, en la Bocatoma de la planta de Cartón Colombia (ver ficha técnica CARTÓN COLOMBIA, Anexo M) la cual cuenta con un registro de información de más de 10 años, y por ultimo para establecer la Calidad del agua con que sale el Río del departamento del Valle se cuenta con la estación de ANACARO, Ubicada en el municipio de Cartago, Corregimiento de Anacaro (ver ficha técnica CARTÓN COLOMBIA, Anexo M) la cual cuenta con un registro de información de más de 5 años.

Tabla 7. Tabla ubicación estaciones automáticas

<b>Estación</b>	<b>Ubicación</b>	
	<b>RÍO</b>	<b>MUNICIPIO</b>
<b>TABLANCA</b>	Entrada VALLE	JAMUNDI, ROBLES
<b>JUANCHITO</b>	Entrada Cali	CANDELARIA, JUANCHITO
<b>CARTON COLOMBIA</b>	Salida CALI y Zona Industrial	YUMBO
<b>ANACARO</b>	Salida Valle	CARTAGO, ANACARO

Para ver la descripción geográfica y características ambientales de cada uno de los puntos mencionados ver ANEXOS (K, L, M, N) en los cuales se encuentran las fichas técnicas de TABLANCA, JUANCHITO, CARTON COLOMBIA, ANACARO, respectivamente.

**3.1.2. Datos Históricos de indicadores de Calidad de agua.** La CVC desde hace mas de 10 años ha implementado un plan de monitoreo de parámetros de calidad de agua en los cuales se obtiene de manera puntual en cada una de las estaciones los valores de Oxígeno Disuelto, pH, Conductividad, Temperatura y Turbidez. Estos datos son puestos a disposición de los usuarios y pueden ser consultados en la página web<sup>44</sup> de la CVC.

Como se trata de obtener un diseño que a su vez corresponde a un modelo que se pueda implementar a lo largo del Río Cauca, se realizó un análisis con el fin de obtener el rango para cada parámetro, el cual consiste en establecer el valor máximo y mínimo registrado en las cuatro estaciones (Tablanca, Juanchito, Cartón Colombia, Anacaro) de acuerdo a la información suministrada por el Laboratorio Ambiental de la CVC (anexos A, B, C, D, E, F, G, H, I y J.).

Para establecer el valor máximo del rango de medición de la instrumentación del sistema, se selecciono el valor máximo registrado (VER TABLA 8), obtenido después de seleccionar los valores máximos anuales por parámetro en cada una de las estaciones.

Para establecer el valor mínimo del rango de medición de la instrumentación del sistema, se selecciono el valor mínimo registrado (VER TABLA 8), obtenido

<sup>44</sup> Disponible en Internet <[www.cvc.gov.co/consultas/laboratorio/historicos/info\\_rioCauca.xls](http://www.cvc.gov.co/consultas/laboratorio/historicos/info_rioCauca.xls)>

después de seleccionar los valores mínimos anuales por parámetro en cada una de las estaciones.

La siguiente tabla (ver tabla 8) muestra los datos de niveles máximos y mínimos promedio por parámetro en las cuatro estaciones de calidad de agua sobre el Río Cauca. Las cuales dan evidencia del comportamiento anual de los parámetros seleccionados por la Corporación.

Tabla 8. Tabla de datos de niveles máximos y mínimos registrados en las estaciones TABLANCA, JUANCHITO, CARTÓN COLOMBIA y ANACARO.

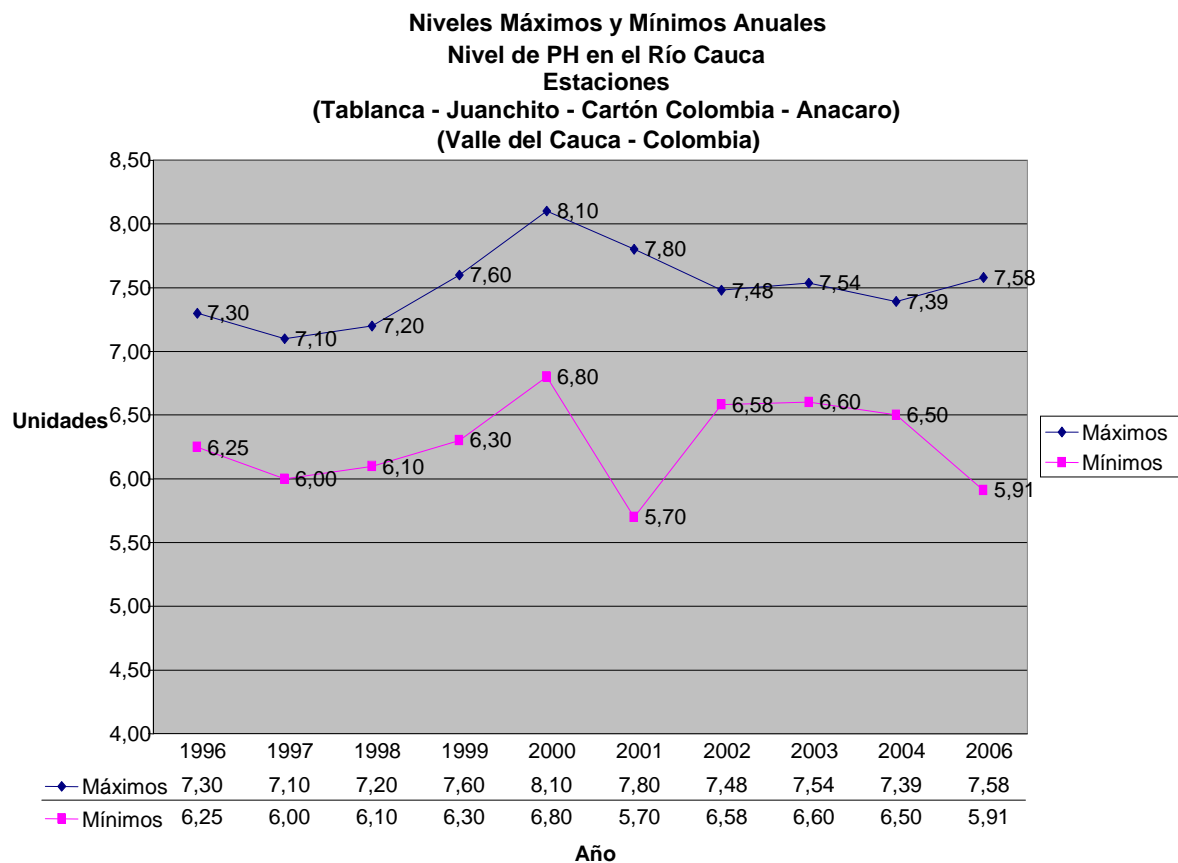
<b>CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA CVC</b> <b>DIRECCION TECNICA AMBIENTAL - LABORATORIO</b> <b>TABLA DE DATOS DE NIVELES MÁXIMOS Y MÍNIMOS ESTACIONES</b> <b>TABLANCA0 - JUANCHITO - CARTÓN COLOMBIA - ANACARO</b>										
<b>Parámetro</b>	<b>pH</b>		<b>Temperatura</b>		<b>Turbidez</b>		<b>Oxígeno Disuelto</b>		<b>Conductividad</b>	
	<b>(Unidades)</b>		<b>(°C)</b>		<b>(NTU)</b>		<b>(mg/l)</b>		<b>(µS/cm)</b>	
<b>Datos</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>
1996	7,30	6,25	24,00	13,00	547,00	34,45	6,90	2,25	190,30	69,40
1997	7,10	6,00	27,00	19,00	190,00	11,00	6,35	2,25	209,00	62,90
1998	7,20	6,10	26,70	20,00	272,00	23,25	6,70	0,00	218,00	62,10
1999	7,60	6,30	23,20	19,00	654,00	21,00	7,60	0,30	168,00	52,50
2000	8,10	6,80	24,00	18,00	307,00	42,50	7,05	2,14	154,00	53,00
2001	7,80	5,70	26,70	21,00	474,00	23,30	7,35	0,50	190,00	74,82
2002	7,48	6,58	27,00	16,50	185,00	16,00	7,55	0,20	190,00	47,50
2003	7,54	6,60	25,60	20,00	275,00	14,00	5,67	0,28	194,50	113,20
2004	7,39	6,50	25,20	17,00	186,00	35,00	6,25	0,63	158,00	77,44
2006	7,58	5,91	25,60	20,00	295,00	25,00	7,02	0,85	194,50	90,43
<b>PROMEDIO</b>	7,51	6,27	25,50	18,35	338,50	24,55	6,84	0,94	186,63	70,33
<b>NIV. MAX REG</b>	8,10		27,00		654,00		7,60		218,00	
<b>NIV. MIN REG</b>	5,70		13,00		11,00		0,00		47,50	
<b>DIFERENCIA</b>	2,40		14,00		643,00		7,60		170,50	

De la tabla anterior se toman todos los valores máximos y mínimos anuales para ilustrar las siguientes gráficas, las cuales muestran las variaciones de cada uno de los parámetros en el tiempo durante desde el año 1996 hasta el año 2004 incluido el año 2006.

**3.1.2.1. Evolución del pH en el Río Cauca.** El comportamiento del *pH* en las estaciones seleccionadas en la última década ha sido registrada (Ver Figura 19) y seleccionada de la tabla 8 (Ver Tabla 8), lo cual permite hacer una

representación sobre dicho comportamiento. A continuación se presentan los niveles máximos y mínimos anuales del nivel de  $pH$  en el Río Cauca (Valle del Cauca – Colombia).

Figura 19. Niveles Máximos y Mínimos Anuales de  $pH$  Río Cauca estaciones (Tablanca - Juanchito - Cartón Colombia - Anacaro)



Los Niveles Máximos y mínimos registrados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9. Niveles Máximos y mínimos registrados de pH estaciones (Tablanca - Juanchito - Cartón Colombia - Anacaro)

Niveles Máximos y mínimos registrados de pH	
DATOS	Valor (unidad)
Nivel Máximo Registrado	8.10
Nivel Mínimo Registrado	5.70
Diferencia	2.40

- **Criterios de selección sensor de pH bajo condiciones río cauca.**

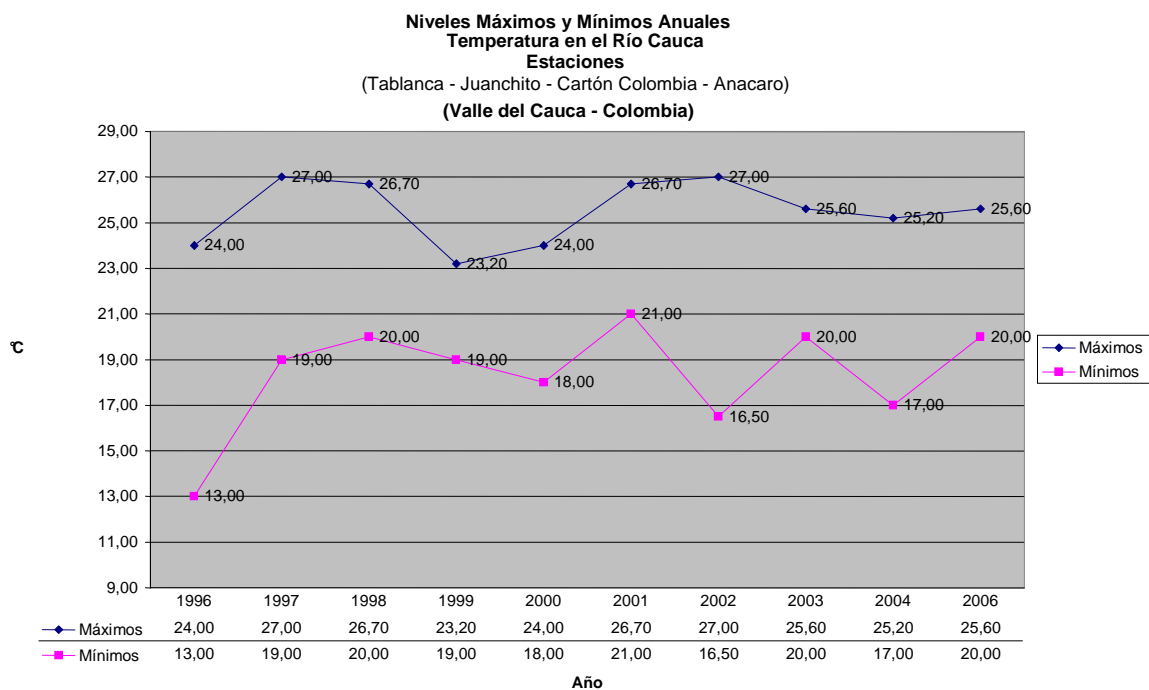
- El sensor de *pH* estará en condiciones de medir los valores máximos y mínimos registrados en la tabla 9.
- El sensor de *pH* debe medir un 40 % más del valor máximo registrado por posibles alteraciones en el registro histórico de la Corporación, con el fin de prever cualquier inclemencia ambiental y/o alteración en el agua del río por efectos de contaminación, por requerimiento de la Corporación.
- El sensor de pH deberá ser calibrado máximo dos (2) veces al año.
- El sensor de pH deberá soportar los niveles de contaminación del río.
- El sensor de pH no puede ser MULTIPARAMETRICO<sup>45</sup>.
- El sensor de pH no puede descalibrarse fácilmente (debe contar con sistema de referencia)

**3.1.2.2. Evolución de la Temperatura en el Río Cauca.** El comportamiento de la evolución de la *TEMPERATURA* en la última década ha sido registrada (Ver Figura 20) y seleccionada de la tabla 8 (Ver Tabla 8), lo cual permite hacer un análisis detallado sobre dicho comportamiento, a continuación se presentan los niveles máximos y mínimos anuales del nivel de *TEMPERATURA* en el Río Cauca (Valle del Cauca – Colombia).

---

<sup>45</sup> Una sonda multiparametrica es aquella sonda de medición que permite medir más de 1 variable.

Figura 20. Niveles Máximos y Mínimos Anuales de Temperatura Río Cauca estaciones (Tablanca - Juanchito - Cartón Colombia - Anacaro)



Los Niveles Máximos y mínimos registrados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 10. Niveles Máximos y mínimos registrados de Temperatura estaciones (Tablanca - Juanchito - Cartón Colombia - Anacaro)

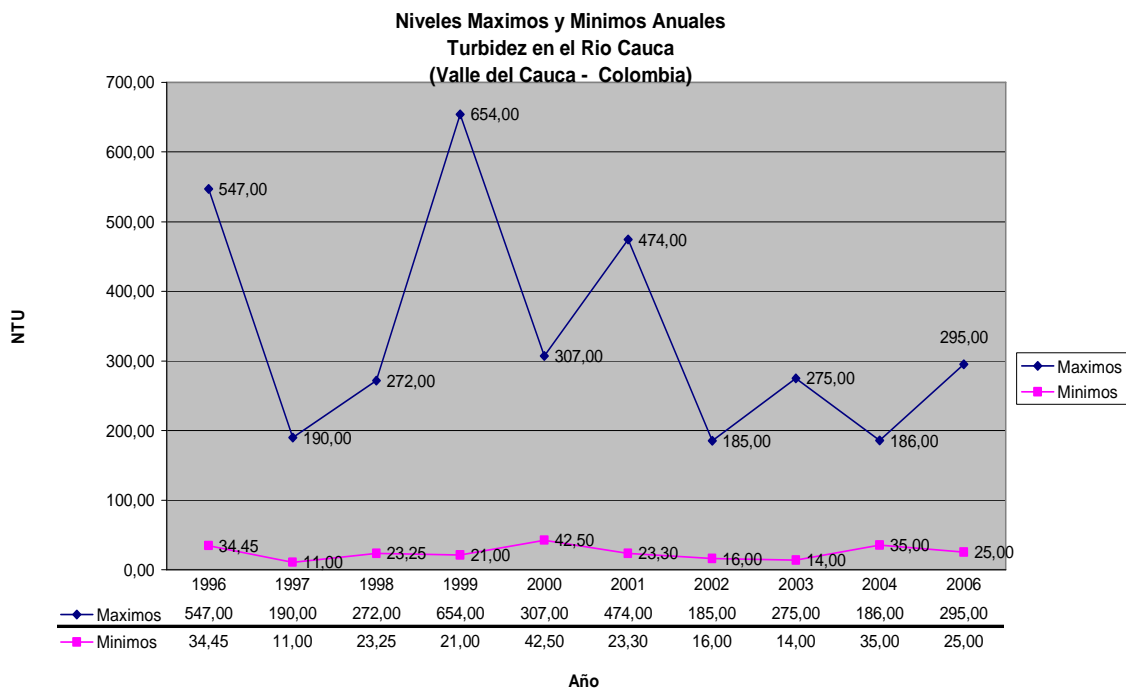
Niveles Máximos y mínimos registrados de Temperatura	
DATOS	Valor (°C )
Nivel Máximo Registrado	27.00
Nivel Mínimo Registrado	13.00
Diferencia	14.00

- **Criterios de selección sensor de temperatura bajo condiciones río cauca.**
  - El sensor de *TEMPERATURA* estará en condiciones de medir los valores máximos y mínimos registrados en la tabla 10.

- El sensor de *TEMPERATURA* debe medir un 40 % más del valor máximo registrado por posibles alteraciones en el registro histórico de la Corporación, con el fin de prever cualquier inclemencia ambiental y/o alteración en el agua del río por efectos de contaminación por requerimiento de la Corporación.
- El sensor de *TEMPERATURA* deberá tener la capacidad de operación 7/24
- El sensor de *TEMPERATURA* deberá ser calibrado máximo 2 veces al año.
- El sensor de *TEMPERATURA* debe ser Anticorrosivo por efectos de corrosión y contaminación del agua del río.

**3.1.2.3. Evolución de la Turbidez en el Río Cauca.** El comportamiento de la evolución de la *TURBIDEZ* en la última década ha sido registrada (Ver Figura 21) y seleccionada de la tabla 8 (Ver Tabla 8), lo cual permite hacer un análisis detallado sobre dicho comportamiento, a continuación se presentan los niveles máximos y mínimos anuales del nivel de *TURBIDEZ* en el Río Cauca (Valle del Cauca – Colombia).

Figura 21. Niveles Máximos y Mínimos Anuales de Turbidez Río Cauca estaciones (Tablanca - Juanchito - Cartón Colombia - Anacaro)



Los Niveles Máximos y mínimos registrados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11. Niveles Máximos y mínimos registrados de Turbidez (Tablanca - Juanchito - Cartón Colombia - Anacaro)

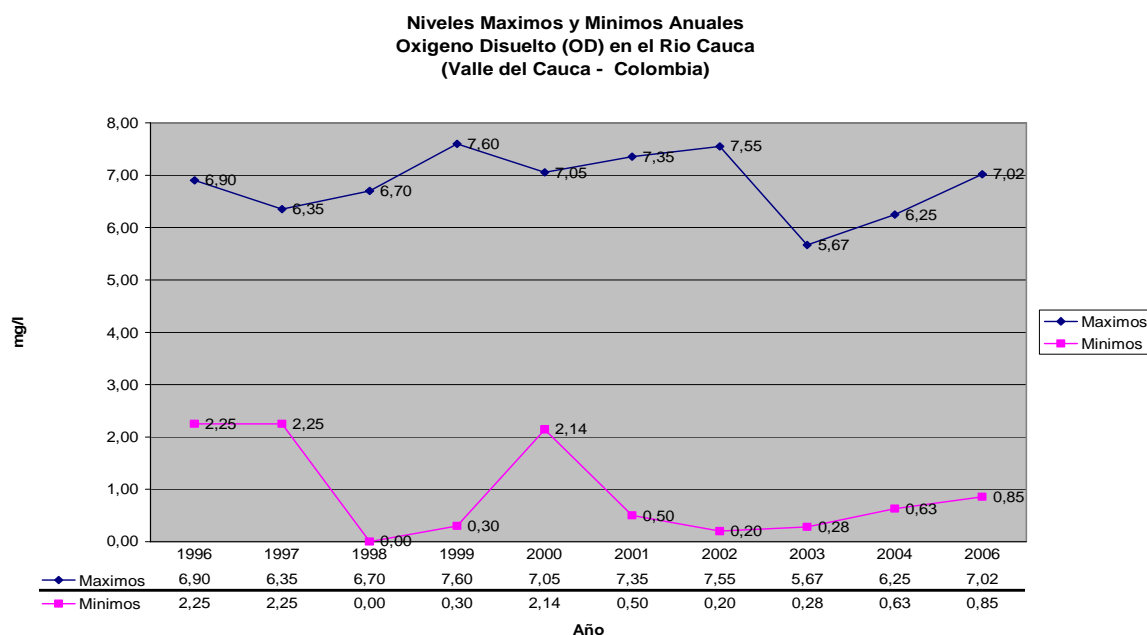
<b>Niveles Máximos y mínimos registrados de Turbidez</b>	
<i>DATOS</i>	<i>Valor (NTU)</i>
Nivel Máximo Registrado	654.00
Nivel Mínimo Registrado	11.00
<i>Diferencia</i>	643.00

- **Criterios de selección sensor de la turbidez bajo condiciones río cauca.**
  - El sensor de *TURBIDEZ* debe deberá estar en condiciones de medir los valores máximos y mínimos registrados en la tabla 11.
  - El sensor de *TURBIDEZ* debe medir un 40 % más del valor máximo registrado por posibles alteraciones en el registro histórico de la Corporación, con el fin de prever cualquier inclemencia ambiental y/o alteración en el agua del río por efectos de contaminación por requerimiento de la Corporación.
  - El sensor de *TURBIDEZ* deberá tener auto limpieza de la membrana para garantizar pocos mantenimientos anuales y una medición valedera del parámetro
  - El sensor de *TURBIDEZ* deberá ser inmune a sedimentaciones que corroan la superficie del material del sensor.
  - El sensor de *TURBIEDEZ* deberá ser lo más preciso en cuanto a la densidad del río.



**3.1.2.4. Evolución del Oxígeno Disuelto en el Río Cauca.** El comportamiento de la evolución de *OXÍGENO DISUELTO* en la última década ha sido registrada (Ver Figura 22) y seleccionada de la tabla 8 (Ver Tabla 8), lo cual permite hacer un análisis detallado sobre dicho comportamiento, a continuación se presentan los niveles máximos y mínimos anuales del nivel de *OXÍGENO DISUELTO* en el Río Cauca (Valle del Cauca – Colombia).

Figura 22. Niveles Máximos y Mínimos Anuales de OD Río Cauca estaciones (Tablanca - Juanchito - Cartón Colombia - Anacaro)



Los Niveles Máximos y mínimos registrados se muestran en la siguiente tabla:

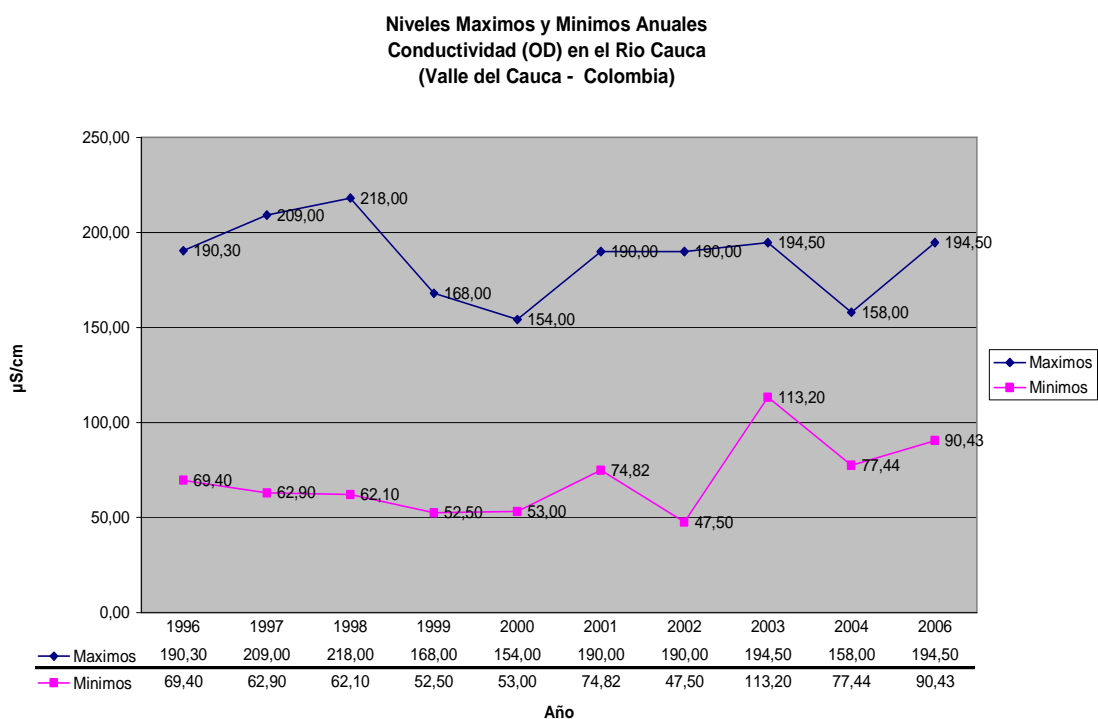
Tabla 12. Niveles Máximos y mínimos registrados de Oxígeno Disuelto estaciones (Tablanca - Juanchito - Cartón Colombia - Anacaro).

Niveles Máximos y mínimos registrados de Oxígeno Disuelto	
DATOS	Valor (mg/l)
Nivel Máximo Registrado	7.60
Nivel Mínimo Registrado	0.00
Diferencia	7.60

- **Criterios de selección sensor de oxígeno disuelto bajo condiciones río cauca.**
  - El sensor de *OXÍGENO DISUELTO (OD)* debe deberá estar en condiciones de medir los valores máximos y mínimos registrados en la tabla 12.
  - El sensor de *OXÍGENO DISUELTO (OD)* debe medir un 40 % más del valor máximo registrado por posibles alteraciones en el registro histórico de la Corporación, con el fin de prever cualquier inclemencia ambiental y/o alteración en el agua del río por efectos de contaminación por requerimiento de la Corporación.
  - El sensor de *OXÍGENO DISUELTO (OD)* deberá tener un número máximo de calibraciones anuales de dos (2) veces.
  - El sensor de *OXÍGENO DISUELTO (OD)* no deberá depender de la conductividad del río
  - El sensor de *OXÍGENO DISUELTO (OD)* deberá ser inmune a la contaminación del río.

**3.1.2.5. Evolución de la Conductividad en el Río Cauca.** El comportamiento de la evolución de *CONDUCTIVIDAD* en la última década ha sido registrada (Ver Figura 23) y seleccionada de la tabla 8 (Ver Tabla 8), lo cual permite hacer un análisis detallado sobre dicho comportamiento, a continuación se presentan los niveles máximos y mínimos anuales del nivel de *CONDUCTIVIDAD* en el Río Cauca (Valle del Cauca – Colombia).

Figura 23. Niveles Máximos y Mínimos Anuales de Conductividad Río Cauca estaciones (Tablanca - Juanchito - Cartón Colombia - Anacaro)



Los Niveles Máximos y mínimos registrados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 13. Niveles Máximos y mínimos registrados de Conductividad estaciones (Tablanca - Juanchito - Cartón Colombia - Anacaro)

Niveles Máximos y mínimos registrados de Conductividad	
DATOS	Valor (µS/cm)
Nivel Máximo Registrado	218.00
Nivel Mínimo Registrado	47.50
<b>Diferencia</b>	<b>170.50</b>

Fuente. Propia – CVC.

- Criterios de selección sensor de conductividad bajo condiciones río cauca.
  - El sensor de *CONDUCTIVIDAD* debe deberá estar en condiciones de medir los valores máximos y mínimos registrados en la tabla 13.

- El sensor de *CONDUCTIVIDAD* debe medir un 40 % más del valor máximo registrado por posibles alteraciones en el registro histórico de la Corporación, con el fin de prever cualquier inclemencia ambiental y/o alteración en el agua del río por efectos de contaminación por requerimiento de la Corporación.
- El sensor de *CONDUCTIVIDAD* no debe depender de la salinidad del agua.
- El sensor de *CONDUCTIVIDAD* debe contar con máximo 2 calibraciones anuales en jornadas de mantenimiento.
- El sensor de *CONDUCTIVIDAD* debe contar con una membrana de larga durabilidad por efectos de corrosión y contaminación.
- El sensor de *CONDUCTIVIDAD* debe ser apto para la medición de este parámetro en aguas residuales.

### **3.2. CONCLUSIONES DE CAPÍTULO**

En este capítulo se logra identificar los niveles máximos y mínimos registrados en la última década, sobre el comportamiento y la evolución de los parámetros Oxígeno Disuelto (OD), Turbidez, Temperatura, pH y Conductividad.

Se logra ilustrar y analizar gráficamente la variación de los parámetros de calidad de agua a lo largo del recorrido del Río Cauca en los cuatro puntos implementación de las estaciones de calidad, tomando un orden cronológico para promediar niveles máximos y mínimos a través del tiempo lo cual permitió ver a gran escala la variabilidad de los parámetros a medir.

El análisis de los históricos permitieron identificar cual deberá ser el rango de operación de cada uno de las sondas de medición para cada parámetro, ya que estos determinaran cual sensor obtener, ya que no todos son capaces de medir dichos rangos de obtenidos para garantizar un dato confiable, oportuno y de gran calidad.

Se lograron especificar los criterios de selección para las sondas de medición.

Fue de gran importancia analizar los datos históricos de los parámetros a medir en el Río Cauca puesto que se tiene un registro lo suficientemente amplio y evidente

del comportamiento y evolución de estos de agua en el río, y por consecuencia se puede hacer una mejor selección de los dispositivos lo cuales cumplan a cabalidad las necesidades de la Corporación.

Se concluye que los rangos de medición de los sensores será de:

Tabla 14. Tabla máximos y mínimos para rangos de instrumentos

<b>Sensor</b>	<b>Rango</b>		<b>Unidades</b>
	<b>Max</b>	<b>Min</b>	
<b>pH</b>	<b>8.10</b>	<b>5.70</b>	<b>Unidades</b>
<b>Turbidez</b>	<b>654.00</b>	<b>11.00</b>	<b>NTU</b>
<b>Oxígeno Disuelto</b>	<b>7.60</b>	<b>0.00</b>	<b>mg/l</b>
<b>Conductividad</b>	<b>218.00</b>	<b>47.50</b>	<b>µS/cm</b>

Los sensores estarán expuestos a un rango de temperatura de:

Rango 27.0 – 13.00 (°C)

Se puntualizaron los criterios de selección de los instrumentos a partir del análisis realizado de los datos históricos del comportamiento de los parámetros de calidad (Oxígeno Disuelto (OD), Turbidez, Temperatura, pH y Conductividad) de agua en el Río Cauca en la última década.

#### 4. DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRONICO DE LA ESTACION DE CALIDAD DE AGUA.

Para el diseño del modelo de la estación de calidad de agua se hizo referencia a las necesidades y a las premisas y restricciones de la Corporación con el fin de entregar un producto el cual cumpla con los requisitos planteados.

##### 4.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El objetivo es diseñar el sistema electrónico para las estaciones automáticas de la CVC el cual sirva como modelo para determinar de manera oportuna la calidad del agua en el Río Cauca por medio de sus indicadores principales (Oxígeno Disuelto (OD), Turbidez, Temperatura, pH y Conductividad) en cualquier punto de su recorrido dentro del departamento del Valle del Cauca (Colombia), el cual contara con una red de sensores interconectadas entre si las cuales serán las encargadas de suministrar al sistema los valores de la medición de cada uno de los parámetros, para que este se encargue de generar la información oportuna para la Red de Monitoreo de la Corporación, con el fin de producir los avisos y alertas destinados a la detección de agentes contaminantes en el río.

El sistema consta de cuatro (4) bloques generales (Ver Figura 24) descritos posteriormente los cuales son el Sistema de Alimentación (PWR), Sistema de Adquisición de Datos (SAD), Sistema de Transmisión de Datos (STD) y la Red de sensores & Partners.

- **Sistema de Alimentación (PWR):** Este sistema se encarga en suministrar energía eléctrica a los diferentes dispositivos del diseño con el fin de mantener una sostenibilidad de operación 7/24 según necesidad de la Corporación, para más información ... véase numeral 4.1.1 ...
- **Sistema de Adquisición de Datos (SAD):** Este sistema se encarga en recolectar los datos de cada uno de los módulos de sensado, el cual será base de datos de la recolección, es encargado de hacer procesamiento de los mismos y por último es el encargado de suministrar los datos al *Sistema de Transmisión de Datos (STD)* para que estos sean enviados al centro de control de la Corporación, para más información ... véase numeral 4.1.3 ...

- **Sistema de Transmisión de Datos (STD):** Este sistema se encarga de enviar los datos del *Sistema de Adquisición de Datos (SAD)* vía satélite (GOES) al centro de control de la CVC en el municipio de Cali – Valle del Cauca, para más información ... véase numeral 4.1.2 ...
- **Red de Sensores y Partner (RED):** Esta red está compuesta por una red de sensores por sonda individual encargadas de hacer la medición de cada parámetro de calidad de agua sobre el río por separado y cuenta con un componente adicional en la red llamado Partner (Opcional) , el cual es un bloque funcional de la red, que sirve para dar información de los históricos de los parámetros de calidad de agua, aguas debajo de los puntos de instalación de las estaciones mencionados anteriormente a los sectores productivos cercanos a la estación automática, para más información ... véase numeral 4.1.4 ...

**4.1.1. Sistema de Alimentación (PWR).** El sistema de alimentación será un sistema desatendido, el cual garantizara la operación de la estación de calidad de agua 7/24 (todo el tiempo), por lo cual se escoge un sistema de alimentación por UPS's por las siguientes razones.

La toma de datos realizada en campo, de los transitorios de voltaje en la red eléctrica dependen de la Hora y por consiguiente de la carga que soporta en esos momentos dicha red. Los voltajes van de 98 Voltios a 129 voltios regularmente.

El sistema deberá garantizar una operación 24/7 lo cual indica que debe tener un tiempo de autonomía considerado en cualquier momento que la red eléctrica salga de línea y deje de subministrar energía eléctrica al sistema.

El sistema debe contar con protecciones que reduzcan el deterioro de los dispositivos asociados al sistema.

Las anteriores razones fundamentan la selección de un unidad UPS como el sistema de alimentación de la estación ya que garantiza la operatividad y sustentación de las estaciones por cualquier tipo de problema ocasionado por inducción electromagnética (EMI), distorsión armónica en la red eléctrica y operación del sistema 7/24.

Los equipos a suministrar a la red serán alimentados por 12 y 24 Voltios DC, por lo tanto el sistema de alimentación deberá contar con fuentes independientes de voltaje para alimentar todo el sistema, por lo cual en el sistema de Alimentación PWR (Ver Figura 24) cuenta con fuentes de alimentación a 12 y 24 voltios DC las cuales serán el soporte de energía eléctrica para los sistemas de Adquisición, Transmisión y dispositivos de la RED específicamente los bloques de medición de cada parámetro como se menciona anteriormente.

**4.1.2. Sistema de Transmisión de Datos (STD).** El sistema de transmisión de datos STD (Ver Figura 25) consta de una unidad de transmisión satelital la cual hace uso del satélite GOES (Geoestacionary Operational Enviromental Satélite – Satélite geoestacionario operativo ambiental), por el cual la CVC cuenta con permisos para hacer las transmisiones a nivel nacional por medio de éste.

*“El Sistema de Transmisión de Datos vía GOES es un sistema de comunicación de transmisión que usa un equipo de radar transportado en la nave espacial del satélite GOES para hacer las transmisiones:*

*UHF desde la banda corta (1694.5 MHz) del DCP (sistema de adquisición de datos GOES) a las estaciones de recepción de tierra equipadas apropiadamente”<sup>46</sup>* (Centro de Control CVC).

La Corporación tiene contratación directa con la NOAA (Administración nacional ambiental y oceánica) y el servicio NESDIS (Servicio Nacional de Información, Datos, y Satélite Ambiental) el cual brindan la transmisión de banda corta desde el sistema de tierra NESDIS para obtener los datos en el centro de control.

Según las premisas y restricciones planteadas al inicio de este documento la plataforma en la cual está montada la Red de Monitoreo no puede ser cambiada y los datos deben ingresarse de manera natural al SCADA de la Corporación, para ello se usaran los equipos de transmisión que tengan contratación directa con el satélite GOES para obtener desde el centro de control los datos de las diferentes estaciones a implementar por la Corporación.

El sistema es energizado por las fuentes DC del sistema de alimentación (PWR).

---

<sup>46</sup> Memorando Técnico NESDIS 40 NOAA SISTEMA DE COLECCIÓN DE DATOS DEL SATÉLITE MEDIOAMBIENTAL OPERACIONAL GEOESTACIONARIO Michael J. Nestlebusch Washington, D.C. Marzo 1994.



El GOES DCS está disponible para ser usado por cualquier organización que recolecte datos medioambientales y quién cumpla con los requisitos establecidos por el Servicio Nacional de Información y Datos del Satélite Medioambiental, bajo el perfil "Acuerdos de Uso " VER ANEXO O.

**4.1.3. Sistema de Adquisición de Datos (SAD).** El sistema de Adquisición de Datos SAD (Ver Figura 25) se diseñó y concibió para ser el maestro de la red de sensores y partner, y para establecer comunicación con el Sistema de Transmisión de Datos (STD). Este sistema consta de un Data Logger en el cual se programa la comunicación con los demás esclavos de la red y se almacenan los datos para ser transmitidos, se programan rutinas de transmisión.

Funciones del SAD:

- Unidad de procesamiento de datos.
- Base de datos.
- Maestro de la Red.

En este sistema se almacenarán los datos obtenidos con el fin de tener una redundancia en colección de datos puesto que cada bloque de la red de sensores tendrá una base de datos mucho menor a la del (SAD).

El SAD contará tendrá comunicación con el sistema de transmisión de datos STD por el protocolo de comunicación del equipo de transmisión GOES, lo cual limita a el sistema de adquisición de datos contar con este tipo de comunicación, posiblemente ser del mismo fabricante.

El sistema es energizado por las fuentes DC del sistema de alimentación (PWR).

**4.1.4. Red de Sensores y Partner.** La Red de Sensores y Partner (Ver Figura 25) está conformada por los bloques de medición de cada parámetro de calidad de agua, (OD, turbidez, pH, Conductividad), Nivel y precipitación. Cada bloque de medición es independiente, de esta manera se tendrán datos en cualquier momento de los otros parámetros en el momento que por algún tipo de falla del sensor o que se encuentre fuera de línea por rutinas de mantenimiento y calibración.

Cada bloque contara con un equipo transmisor encargado de digitalizar la información, como también contara con comunicación MODBUS para ser encuestado por el maestro de la red. Los bloques de medición serán una base de datos pequeña de cada parámetro, lo cual garantizara la redundancia de datos históricos en la estación automática.

La red también cuenta de un bloque de gran importancia para la Corporación y para el diseño como tal en su objetivo y alcance, el cual es dar a conocer aguas debajo de sectores que aporten negativamente al río con desechos inorgánicos y vertimientos dicho aporte cuantificado. El bloque partner permite dar a conocer a las entidades conectadas a la red el estado de los parámetros de calidad de agua del río durante el transcurso del día, pero por políticas de seguridad de la red, la estación estará en la capacidad de proveer al partner dicha información diaria en los tiempos programados por el usuario.

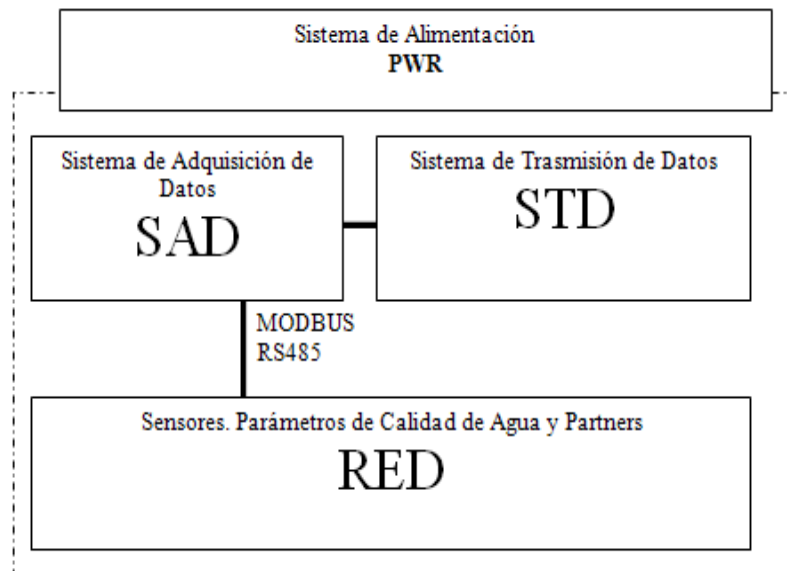
El objetivo de estos sistemas recolectar, procesar y transmitir los datos del sistema los cuales, generan la información necesaria para los estudios de contaminación, hidrológicos, meteorológicos y ambientales, que se desarrollan en la jurisdicción de la CVC, suministrando la información oportuna para la red de alertas, con el fin de producir los avisos y alertas destinados a la prevención de desastres naturales de origen contaminante sobre el Río Cauca.

## **4.2. DIAGRAMAS DE BLOQUES ESTACIÓN AUTOMÁTICA**

### **4.2.1. DIAGRAMA ESTACIÓN AUTOMÁTICA (PRIMER NIVEL)**

La siguiente figura ilustra el diagrama de bloques del sistema electrónico de la estación y la red en la cual se baso su diseño (Ver Figura 24).

**Figura 24. Estación automática Primer Nivel**



**4.2.1.1. Descripción del Diseño.** El diseño del sistema electrónico se basa en una red Mono-maestro la cual permite tener un único control sobre la red. Se selecciona este tipo de red con el fin de tener principalmente redundancia de datos y por consiguiente un menor esfuerzo en el procesamiento del sistema de adquisición de datos, ya que implementar rutinas de calibración, mantenimiento y de mas, por sonda conectada a este reduciría el tiempo de transmisión y la eficiencia del sistema.

La red se baso en un bus de campo (MODBUS) puesto que este:

- Puede implementarse sobre cualquier línea de comunicación serie.
- Permite la comunicación por medio de tramas binarias o ASCII.
- Proceso interrogación-respuesta simple.
- Es de libre uso para cualquier persona natural.
- Es un bus estandarizado.

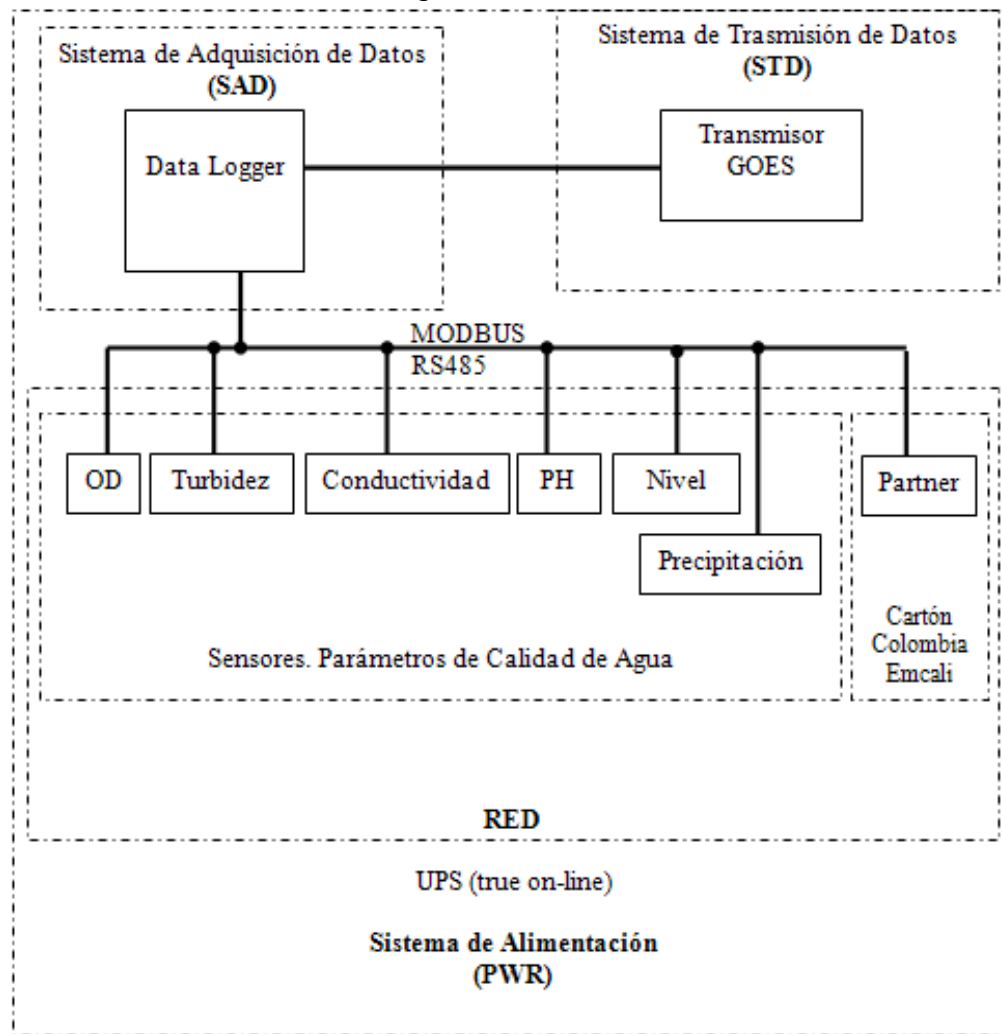
Todas y cada una de las anteriores características, cumplen con el requerimiento del diseño en reducción de costos por cableado y por simplicidad de la red

además de la facilidad de hacer uso de este bus estandarizado y de libre albedrío para su uso. Como instancia final, el diseño de la red monomaestro basada en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor por el bus de campo MODBUS tiene consigo una razón de ser en el diseño y es tener digitalizada la información con el fin de tener un sistema redundante al montar la red de sensores por bloques.

#### 4.2.2. DIAGRAMA ESTACIÓN AUTOMÁTICA (SEGUNDO NIVEL)

La siguiente figura ilustra el diagrama de bloques del sistema electrónico de la estación y la red en la cual se baso su diseño en un segundo nivel de abstracción (Ver Figura 25).

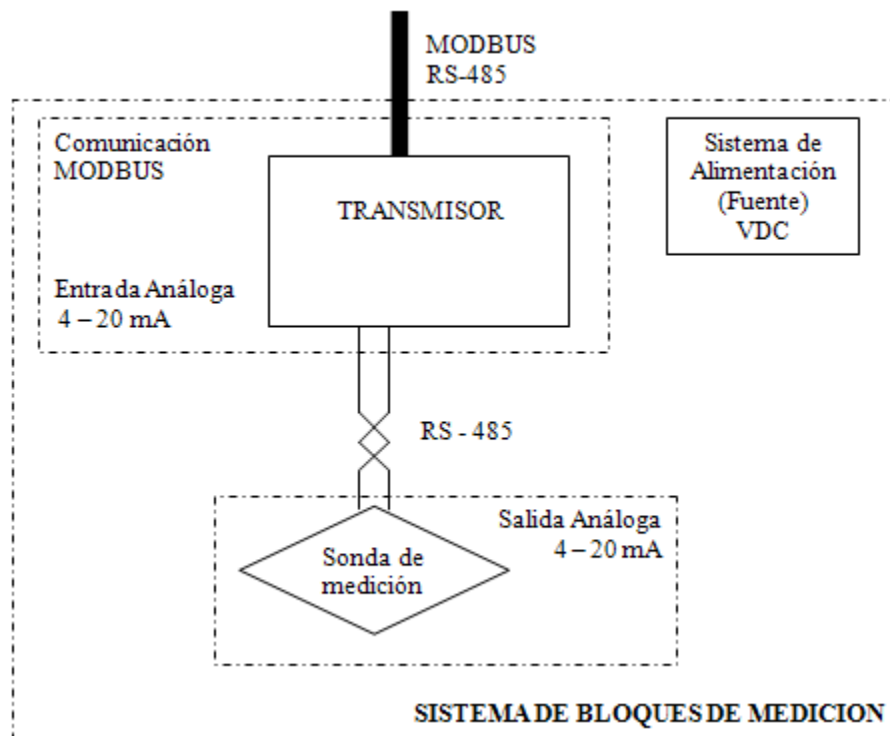
Figura 25. Estación automática Segundo Nivel



### 4.2.3. DIAGRAMA RED DE SENSORES

La siguiente figura ilustra el diagrama de bloques de los módulos de la red en la cual se baso el diseño (Ver Figura 26).

Figura 26. Diagrama de bloques de módulos de red.



**4.2.3.1. Descripción del diseño.** El diseño basado en la descripción del diseño de la red (Maestro Esclavo), ya el bloque de red y sensores estará interconectado con el resto del sistema por una red MODBUS. De esta manera cada bloque funcional de la red deberá tener un dispositivo transmisor que cuente con este tipo de comunicación el cual transforme las señales analógicas, proveniente de las sondas de medición de cada uno de los parámetros a digitales, las procese, las almacene y las envíe, convirtiéndose este en un equipo transmisor de datos, en este caso en un dispositivo en configuración de esclavo.

Cada bloque de medición fue diseñado de la misma manera ya que son bloques funcionales.

Cada bloque de medición será alimentado por el sistema de alimentación (PWR).

Cada bloque de medición contara con un dispositivo transmisor el cual permitirá al usuario final realizar las siguientes funciones:

- Programación de rutinas de Calibración.
  - Programación de rutinas de Mantenimiento.
  - Procesamiento de datos.
  - Base de datos individual por parámetro.
  - Generación de Alarmas.
- 
- **Sondas de Medición.** Las sondas de medición se deben caracterizar por ser confiables y robustas, que garanticen el máximo desempeño en condiciones exigentes, que minimicen los requerimientos en las frecuencias de mantenimiento y limpieza, los repuestos o reemplazo total, con una vida útil de más de 6 años, las sondas deben ser individuales (monoparametricas), lo que permite una flexibilidad al sistema de medición, de esta manera si ocurre una falla en una de las sondas solo se verá afectado ese parámetro.
- 
- Cada dispositivo trasmisor de la red de medición será un esclavo de la misma puesto que este es el encargado de convertir las señales análogas a digitales y en almacenarlas para ser enviadas en el momento de petición del maestro de la red.
- 
- **Trasmisor.** Debe ejercer las funciones de diagnostico y ajuste o calibración sobre cada sonda, permitirá el despliegue de las medidas provenientes de la sonda, la transmisión y comunicación del valor del parámetro a la plataforma colectora de datos. Lo ideal es que cada sonda cuente con un transmisor, pero se acepta un máximo de dos sondas por transmisor.

### **4.3. CONCLUSIONES DE CAPÍTULO**

En este capítulo se logro diseñar completamente el modelo del sistema electrónico para la medición de parámetros de calidad de agua requerido por la CVC.

Se concluye que el diseño del sistema electrónico se basa en un bus de campo normalizado en este caso MODBUS como bus para interconectar cada uno de los dispositivos transmisores.

Se concluye que se logra obtener un sistema redundante de datos en cada uno de los módulos de medición puesto que los transmisores están diseñados para tener una base de datos temporal para almacenamiento de datos.

Se logra concebir una red mono-maestro basada en una arquitectura cliente/servidor la cual permitirá a la Corporación tener control total sobre la estación.

## **5. ESPECIFICACIONES DE LAS ESTACIONES PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE AGUA**

### **Objetivo:**

Obtener los parámetros de Oxígeno Disuelto, Conductividad, Turbidez, PH, temperatura, Nivel y Precipitación de manera confiable y oportuna, permitir la generación de alertas por niveles altos en las medidas o bajos, al igual que por velocidad en el umbral de cambio.

### **5.1. SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS**

En esta sección se hacen las descripciones de características técnicas que cada uno de los dispositivos a adquirir por la Corporación deberán tener para el óptimo desempeño de la red.

#### **Nota:**

No se hace referencia a nombres, códigos, ni referencias de las compañías que desarrollan cada uno de estos dispositivos puesto que por políticas de la Corporación solo se deben hacer descripciones técnicas para posteriormente hacer la búsqueda de los dispositivos. Las siguientes tablas de datos fueron tomadas de las hojas de datos de los dispositivos seleccionados, pero ya como se menciono anteriormente no se debe especificar una marca determinada.

**5.1.1. Sistema de alimentación.** El sistema de alimentación estará constituido por alimentación 120VAC monofásica, la alimentación a los equipos se hará por medio de una fuente de alimentación ininterrumpida (UPS) con el fin de regular y proteger los demás componentes, y dos fuentes universales AC/DC, de acuerdo con las siguientes características para cada sistema:

**5.1.1.1. Fuente De Alimentación Ininterrumpida (UPS).** El propósito de la UPS es proporcionar una fuente de Energía que permanezca con tensión estable y continua independientemente de las perturbaciones que pueda haber en la red eléctrica comercial.



Tabla 15. Características de Fuente de Alimentación Ininterrumpida (UPS)

<b>Fuente de Alimentación Ininterrumpida (UPS)</b>	
<b>Tipo</b>	<b>On-line</b>
<b>Topología</b>	<b>Doble conversión en línea</b>
<b>Salida</b>	
<b>Capacidad de Potencia de Salida</b>	<b>1400 Vatios / 2000 VA</b>
<b>Máxima potencia</b>	<b>1400 Vatios / 2000 VA</b>
<b>Tensión de salida</b>	<b>120V</b>
<b>Eficiencia con carga completa</b>	<b>90.00%</b>
<b>Distorsión de tensión de salida</b>	<b>&lt; 3%</b>
<b>Frecuencia de salida</b>	<b>50/60 Hz +/- 3 Hz</b>
<b>Tipo de forma de onda</b>	<b>Seno</b>
<b>Entrada</b>	
<b>Entrada de voltaje</b>	<b>120V monofásica</b>
<b>Frecuencia de entrada</b>	<b>90 - 150V</b>
<b>Variación de tensión de entrada</b>	<b>50/60 Hz +/- 5 Hz</b>
<b>Tipo de batería</b>	
<b>Baterías pre-instaladas</b>	<b>1</b>
<b>Tiempo típico de recarga</b>	<b>3 hora(s)</b>
<b>Duración a media carga</b>	<b>15.2 minutos (700 Vatios)</b>
<b>Duración con carga completa</b>	<b>5.0 minutos (1400 Vatios)</b>
<b>Batería</b>	<b>Sellada de plomo sin necesidad de mantenimiento con electrolito suspendido a prueba de filtración.</b>
<b>Panel de control</b>	
<b>Visualizador de estatus</b>	<b>LED con barras gráficas de carga y batería e indicadores de red: Batería activada:</b>
<b>Alarma audible</b>	<b>Alarma de batería encendida: alarma distintiva de carga de batería baja: alarma de sobrecarga de tono continuo</b>
<b>Ambiente operación</b>	<b>0 a 40 °C</b>
<b>Humedad relativa de operación</b>	<b>0 a 95%</b>
<b>Elevación de operación</b>	<b>0 a 3000 metros</b>

### 5.1.1.2. Fuentes de alimentación.

- Fuente de alimentación 12 VDC

Tabla 16. Características de Fuente de Alimentación 12 VDC.

<b>Fuente de Alimentación 12 VDC</b>	
<b>Datos de entrada</b>	
Tensión nominal de entrada	100 a 240 VAC
Margen de tensión de entrada	AC 85 a 264 VAC
Gama de frecuencias	AC 45 a 65 Hz
Absorción de corriente	1,7 A (120 V AC)
Extracorrente de cierre	< 15 A
Denominación de la protección	Protección contra sobretensiones transitorias.
Componente de protección	Varistor
<b>Datos de salida</b>	
Tensión nominal de salida	12 V DC $\pm 1$ %
Margen ajustable de salida	10 V DC a 18 V DC
Corriente de salida	10 A
Carga capacitiva máxima	Ilimitado
Limitación de corriente	12 A
<b>Datos generales</b>	
Indicación de la tensión de servicio	LED
Montaje	Carril (perfil omega)
Rendimiento	> 86 %
Índice de protección	IP20
Clase de protección	I, con conexión a tierra (PE)
MTBF	> 500.000 h
Temperatura de operación	0 °C hasta 60 °C
Humedad del aire de operación	Max 95 %
<b>Normas</b>	

Compatibilidad electromagnética  
 Resistencia a interferencias  
 Equipamiento eléctrico de máquinas  
 Transformadores de seguridad para  
 Fuentes de alimentación conmutadas  
 Seguridad eléctrica  
 Equipamiento de instalaciones de alta  
 Intensidad con aparatos eléctricos  
 Tensión baja de protección  
 Descarga eléctrica  
 Corrientes armónicas de la Red

- Fuente de alimentación 24 VDC.

Tabla 17. Características de Fuente de Alimentación 24 VDC

<b>Fuente de Alimentación 24 VDC</b>	
<i>Datos de entrada</i>	
Alimentación AC	85 V AC a 264 V AC
Frecuencias AC	45 Hz a 65 Hz
Absorción de corriente	4,6 A (120 V AC)
Limitación de la corriente de cierre	< 15 A
Circuito de protección	Protección contra sobretensiones transitorias Varistor
<i>Datos de salida</i>	
Tensión nominal de salida	24 V DC $\pm 1$ %
Margen ajustable de salida	22,5 V DC a 29,5 V DC
Corriente de salida	20 A
Limitación de corriente	25A (en caso de cortocircuito)
Carga capacitiva máxima	Ilimitado
Rendimiento	> 91 %
Protección contra sobretensiones	< 35 V DC internas
Temperatura ambiente operación	-0°C a 50 °C
Humedad del aire	hasta 95 %
<i>Normas</i>	

**Equipamiento eléctrico de máquinas**  
**Transformadores de seguridad para**  
**Fuentes de alimentación conmutadas**  
**Seguridad eléctrica**  
**Equipamiento de instalaciones de alta**  
**Tensión baja de protección**  
**Protección contra descarga eléctrica**  
**Corrientes armónicas de la red**

**5.1.2. Sondas de Medición.** Las sondas de medición se deben caracterizar por ser confiables y robustas, que garanticen el máximo desempeño en condiciones exigentes, que minimicen los requerimientos en las frecuencias de mantenimiento y limpieza, los repuestos o reemplazo total, con una vida útil de más de 6 años, las sondas deben ser individuales (monoparametricas), lo que permite una flexibilidad al sistema de medición, de esta manera si ocurre una falla en una de las sondas solo se verá afectado ese parámetro.

#### **5.1.2.1. Sonda de pH.**

Tabla 18. Características de Sonda de pH

<b>Sonda PH</b>	
<b>Técnica de medición:</b>	<b>Electrodo diferencial</b>
<b>Tecnología</b>	<b>Digital</b>
<b>Rango de medición</b>	<b>0 a 14 pH</b>
<b>Sensibilidad</b>	<b>± 0,01 pH</b>
<b>Estabilidad</b>	<b>0,03 pH</b>
<b>Temperatura operacional</b>	<b>&gt;0 °C a 40°C</b>
<b>Velocidad de flujo</b>	<b>2 m por segundo</b>
<b>Presión</b>	<b>6 bar</b>
<b>Termoelemento</b>	<b>Termistor para la compensación automática de temperatura</b>
<b>Distancia de transferencia</b>	<b>100 m</b>
<b>Mantenimiento</b>	<b>Bajo</b>
<b>Tipo de montaje</b>	<b>Sumergible o inmersión</b>
<b>Garantía</b>	<b>1 año</b>

### 5.1.2.2. Sonda de Conductividad.

Tabla 19. Características de Sonda de Conductividad

<b>Sonda Conductividad</b>	
<b>Técnica de medición</b>	<b>Inductiva</b>
<b>Rango de medición</b>	<b>10-2,000 microSiemens/cm</b>
<b>Tecnología</b>	<b>Digital</b>
<b>Temperatura de operacional</b>	<b>&gt;0 °C a 40 °C</b>
<b>Velocidad de flujo</b>	<b>2 m por segundo</b>
<b>Compensador de temperatura</b>	<b>Pt 1000 RTD</b>
<b>Tipo de montaje</b>	<b>Sumergible o inmersión</b>
<b>Garantía sonda</b>	<b>1 año</b>

### 5.1.2.3. Sonda de Turbidez.

Tabla 20. Características de Sonda de Turbidez

<b>Sonda Turbidez</b>	
<b>Procedimiento de medición</b>	<b>Luz dispersa IR a 90°, sin dependencia del color</b>
<b>Rango de Medición</b>	<b>0.1 a 4000 NTU</b>
<b>Unidades de Medición</b>	<b>NTU, FNU, o TE/F</b>
<b>Precisión:</b>	<b>Menor del 1 % del valor de medición ±0,01 FNU/NT</b>
<b>Tiempo de Respuesta</b>	<b>1 Segundo</b>
<b>Tecnología</b>	<b>Digital</b>
<b>Tipo Montaje</b>	<b>Sumergible</b>
<b>Velocidad del Fluido</b>	<b>2 m/s</b>
<b>Temperatura de Operación</b>	<b>&gt;0 °C a 40°C</b>
<b>Presión de Operación</b>	<b>6 bar</b>
<b>Inmersión</b>	<b>60m</b>
<b>Medición independiente del color</b>	<b>Si</b>
<b>Sistema autolimpiante</b>	<b>Si tipo plumilla</b>
<b>Longitud transferencia</b>	<b>100 m.</b>
<b>Garantía sonda</b>	<b>1 año</b>

#### 5.1.2.4. Sonda de Oxígeno Disuelto

Tabla 21. Características de Sonda de Oxígeno Disuelto.

Oxígeno Disuelto	
Técnica de Medición	Luminiscencia
Rango de Medición	0.00 a 20.00 mg/l (ppm's) o 0.0 a 200% de Saturación
Precisión	+/- 0,1 mg/l
Repetibilidad	+/- 0,05 mg/l
Resolución	0,01 mg/l
Compensación Temperatura	Automática
Tiempo de Respuesta	< 60 s al 90% del Cambio
Tecnología	Digital
Calibración	Opción de Calibración por saturación de Aire o Por Muestra
Montaje	Tipo inmersión
Profundidad de inmersión	105 m
Presión	100 psi
Velocidad del Fluido	2 m/s máximo
Temperatura de Operación	0 a 40°C
Garantía sonda	2 años

#### 5.1.2.5. Sensores de Nivel.

Tabla 22. Características de Sensores de Nivel

Sensores de Nivel	
Tipo	Shaft Encoder
Encoder	óptico de 400 cuentas.
Reloj	Interno $\pm 2$ minutos al mes
Display	Incluido $\geq 7$ dígitos
Configuración	A través de PC, Pocket PC y por pulsadores in situ
Memoria	Tipo flash con capacidad de almacenar 35.000 muestras.
Intervalo de muestreo	Seleccionable por el usuario
Descarga de datos	A través de PC y Pocket PC, en un archivo tipo txt o csv
Salida	SDI-12
Alimentación	8 a 16 VDC
Temperatura de operación	0°C hasta 40°C

Rueda del flotador	Intercambiables por el usuario y configurables por software
Protocolo de comunicación	MODBUS
Seguridad	Bloqueo por software para realizar cambios en la configuración y en la calibración.
Polea Flotador	375mm. Incluida
Contrapeso	Incluido
Guaya	Cable de acero perlado o liso.
Garantía	3 años

#### 5.1.2.6. Sensor de Precipitación.

Tabla 23. Características de Sensor de Precipitación.

Sensor de Precipitación.	
Tipo	Tipping Bucket
Salida	Cierre de interruptor
Interruptor	Reed Switch o de proximidad
Sensibilidad	0.1 mm
Precisión	± 5% en 50 mm/hr
Temperatura de operación	-5°C hasta 50°C
Sistema de nivelación	Incluido
Trampa	Malla hojas e insectos
Garantía	1 año

#### 5.1.2.7. TRASMISOR.

Tabla 24. Características del TRASMISOR.

TRASMISOR	
Descripción de componentes	Unidad de medición con control con microprocesador con indicación del valor medido, indicación de temperatura y sistema con control de menú
Temperatura operación	0 a 40 °C

Humedad	95 %
Alimentación de tensión	24 VDC $\pm$ 10%
Salidas	Dos salidas analógicas (4 a 20 mA) independientes, máx. 500 ohmios.
Modbus	Incluido
Relé	Tres contactos de cierre de dos vías con configuración individual, con carga de conmutación de 5 A
Display	LCD 64 píxeles, con luz de fondo Para la visualización.
Teclado	Para configuración y programación del controlador.
Certificaciones	Certificado CE
Garantía	2 años
<b>Normas</b>	
<b>Compatibilidad electromagnética CE</b>	

Debe ejercer las funciones de diagnóstico y ajuste o calibración sobre cada sonda, permitirá el despliegue de las medidas provenientes de la sonda, la transmisión y comunicación del valor del parámetro a la plataforma colectora de datos por medio de la red. Lo ideal es que cada sonda cuente con un transmisor.

El transmisor debe ser para uso común, esto quiere decir que no es exclusivo para un parámetro u otro.

### 5.1.3. Sistema de Adquisición de Datos (data-logger).

Tabla 25. Características del Sistema de Adquisición de Datos

<b>Sistema de Adquisición de Datos (data-logger)</b>	
Temperatura de operación	-10°C a +50°
Alimentación	12 VDC
Voltaje de Medida	0- 5 V
Voltaje de referencia	2.5 VDC
Consumo	<2.5 mA
WATCHDOG TIMER	Si
Humedad	0 a 90%
Memoria	32 MB de memoria
Intervalos de muestreo	desde 1s hasta 24h
Display	LCD de 2 líneas de 10 Caracteres



<b>Puerto Serial</b>	<b>4 puertos RS-232, 1 Puerto RS-485</b>
<b>Comunicación</b>	<b>Tres de diferente tipo, Satélite GOES, Modem GPRS, Radio,</b>
<b>Puertos digitales</b>	<b>8 I/O</b>
<b>Puertos análogos</b>	<b>10 entradas</b>
<b>Salidas Análogas</b>	<b>12VDC conmutada</b>
<b>Resolución de Contador</b>	<b>32 bits</b>
<b>Resolución del Conversor ADC</b>	<b>16 bits</b>
<b>Operación</b>	<b>Por Software Independiente para cada sensor o entrada, periodos de muestreo por entrada o sensor. Sin necesidad de escribir código.</b>
<b>Modbus</b>	<b>Incluido</b>
<b>Garantía</b>	<b>2 años</b>

#### 5.1.4. Sistema de Transmisión de datos (Trasmisor GOES).

Tabla 26. Características del Sistema de Transmisión de Datos

<b><i>Sistema de Transmisión de Datos (Trasmisor GOES)</i></b>	
<b>Tipo</b>	<b>HDR GOES 100, 300, 1200 BPS</b>
<b>Tipo de Transmisión</b>	<b>Random Reporting y Self-Timed</b>
<b>Formato de transmisión</b>	<b>SHEF SHEFFIX, Pseudo Binary</b>
<b>GPS</b>	<b>Incluido para ajuste de reloj y frecuencia, con cable de antena de 5m, verificación de estado.</b>
<b>Potencia de Salida</b>	<b>7.0 Vatio a 100/300 BPS, 14.0 Vatio a 1200 BPS y seleccionadle por software.</b>
<b>Protección</b>	<b>Circuito abierto, cortocircuito a la salida del Transmisor, Voltaje inverso en alimentación</b>
<b>Temperatura operación</b>	<b>-10°C hasta +50°C</b>
<b>Alimentación</b>	<b>12VDC.</b>
<b>Indicadores de</b>	<b>Estado, Transmisión, Falla</b>

<b>Medida de potencia</b>	<b>Salida y reflejada</b>
<b>Medida de batería</b>	<b>Voltaje de salida durante la transmisión</b>
<b>Certificado</b>	<b>NESDIS</b>
<b>Pruebas de transmisión</b>	<b>Visualización del mensaje, duración y formato, para cada tipo de transmisión</b>
<b>Garantía</b>	<b>2 Años</b>

#### 5.1.4.1. Antena GOES.

Tabla 27. Características de la Antena GOES.

<b>Antena GOES</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Crossed Yagi</b>
<b>Frecuencia central</b>	<b>401.8MHz</b>
<b>Ganancia</b>	<b>10.5 dBi</b>
<b>3dB Ancho de Banda</b>	<b>45 nom</b>
<b>Impedancia</b>	<b>50 Ohms</b>
<b>Polarización</b>	<b>Right Hand Circular/Left Hand Circular</b>
<b>Construcción</b>	<b>Aluminio o acero inoxidable cuerpo y elementos</b>
<b>Potencia de Entrada</b>	<b>15 Vatios Máximo</b>
<b>Potencia de salida</b>	<b>&gt;8.5 Vatios</b>
<b>SWR</b>	<b>1.5 Máxima</b>
<b>Potencia Reflejada</b>	<b>0 Vatios</b>
<b>Conector</b>	<b>Tipo N</b>
<b>Temperatura</b>	<b>0°C a +50°C</b>
<b>Humedad</b>	<b>0 a 100%</b>
<b>Vientos de</b>	<b>80 Km/h</b>
<b>Garantía</b>	<b>1 año</b>

La antena debe contar con una base que permita el ajuste de la elevación de 0° a 90° y un acimut de 0 ° a 360 °.

La antena y el transmisor deben ser independientes, la antena debe estar protegida para evitar cualquier daño por esta al transmisor.

## **5.2. PLAN DE SEGUIMIENTO Y CONTROL**

Los parámetros de Calidad del Agua deben ser muestreados en un rango de 1 a 60 minutos y el registro de estos debe realizarse en un rango de 5 a 60 minutos. El tiempo de muestreo y el tiempo de registro deben ser configurados por el usuario e independientes, se deben obtener datos promedios, máximos y mínimos para cada parámetro, de igual manera se deben manejar alarmas por medida alta, baja, umbral, velocidad de cambio, entre otras.

El dato de nivel debe contar con un periodo de muestreo en un rango de 1 a 60 minutos y el registro de estos debe realizarse en un rango de 1 a 60 minutos. El tiempo de muestreo y el tiempo de registro deben ser configurados por el usuario e independientes, se deben obtener niveles promedios, máximos y mínimos, de igual manera se deben manejar alarmas por medida alta, baja, umbral, velocidad de cambio, entre otras. Los datos registrados deben ser almacenados en el sensor y en la PCD, la alimentación del sensor debe ser independiente a la de la PCD.

El dato de precipitación debe contar con un periodo de muestreo en un rango de 1 a 60 minutos y el registro de estos debe realizarse en un rango de 1 a 60 minutos. El tiempo de muestreo y el tiempo de registro deben ser configurados por el usuario e independientes, se deben obtener el acumulado o el dato de precipitación durante el periodo, de igual manera se deben manejar alarmas por medida alta y velocidad de cambio.

La estación debe contar con alarma por intrusismo con el fin de alertar sobre la posibilidad de robo en la estación o periodos de estadía en esta, la alarma debe ser transmitida al centro de control.

La estación debe tener la capacidad de restablecer todas las operaciones y funciones de manera automática después de un corte de energía.

Para la operación y funcionamiento de la estación se debe suministrar el software de configuración de los transmisores de las sondas, el datalogger, el transmisor GOES y la UPS, así mismo, se debe contar con un dispositivo o programador que sea fácil de transportar, compatible con los equipos y dispositivos instalados en la estación.

### **5.3. MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE LA ESTACIÓN.**

El mantenimiento a las sondas instaladas en la estación debe ser mínimo (cada dos o tres meses), se deben proveer los elementos necesarios para realizar dicho mantenimiento, al igual que los patrones y demás elementos consumibles que se requieran para la calibración y el mantenimiento de las sondas y los sensores durante el periodo de garantía. Esto incluye todo el material de limpieza, seguridad y protección personal, con que se debe contar, para las labores de limpieza y calibración in situ, se debe capacitar al personal con el fin de que este en capacidad de ser autónomo en estas labores y a su vez, puede establecer fallas en los sistemas de medición.

Nota:

Los dispositivos necesarios a implementar en este proyecto serán adquiridos directamente a las casas de desarrollo y a proveedores de los mismos lo cual implica un proceso de contratación para que el montaje de las estaciones se haga bajo términos que darán garantía de funcionalidad de las estaciones dentro del tiempo que cubre tal garantía. Un manual como tal no se presenta en este documento por este inconveniente pero, para a la Corporación se le asignara un manual general de mantenimiento y calibración en cuanto los equipos sean instalados y expuestos al grupo de trabajo.

### **5.4. CONCLUSIONES DE CAPÍTULO**

En este capítulo se logra hacer la descripción de características y especificaciones técnicas de cada uno de los dispositivos a obtener para la respectiva implementación.

Se concluye que las sondas de medición se harán individualmente para cada parámetro puesto que una sonda multiparametrica resulta de poca utilidad al querer tener un sistema redundante en información.

Se logra hacer las especificaciones técnicas de los dispositivos a implementar por el estudio de dispositivos actuales en el mercado, los cuales se obtuvieron de las hojas de datos de los mismos las cuales no se encuentran en este documento.

Se logra adaptar e interconectar el sistema de adquisición de datos con el sistema de transmisión de datos exigido por restricción de la Corporación.

Se logra establece el plan de seguimiento y control donde se puntualiza cada uno de los parámetros a seguir para llevar a cabo este plan.

Se logra hacer una breve introducción al manual de mantenimiento y calibración de las estaciones.

## CONCLUSIONES GENERALES

Con el desarrollo del proyecto se logro diseñar el sistema electrónico para las estaciones de calidad de agua para las estaciones automáticas de la CVC, sobre una arquitectura de red maestro/esclavo a partir de una red de subsistemas (Sistema de Adquisición de Datos, Sistema de Transmisión de Datos y Red de Sensores), de Procesamiento, Transmisión y Adquisición interconectados entre sí sobre un bus de campo para la determinación de los parámetros de calidad de agua, arrojando como resultados un diseño modular redundante de información, el cual fue producto de los estudios y análisis tanto de técnicas de medición de los parámetros de calidad de agua, como de las condiciones ambientales del Río Cauca ya que bajo estas, la totalidad del sistema quedara expuesto para su funcionamiento.

Se interconectaron los sistemas de Recolección, Procesamiento y transmisión de datos del modelo sobre un bus de campo garantizando la redundancia de información dentro de la estación automática, que permitirá a la Corporación en un determinado momento tener los datos del sistema de manera local en la estación o remotamente desde el centro de control ya que el sistema de transmisión de datos del sistema electrónico diseñado se logro integrar de manera natural a la plataforma tecnológica existente a en la Corporación.

Con el fin de establecer las características y condiciones de la instrumentación que se requiere para la medición de los parámetros Oxígeno Disuelto, pH, Conductividad y turbidez, se realizaron tres pasos los cuales fueron, primero, el estudio de las técnicas de medición de los parámetros de calidad de agua y la selección de la misma con el fin de establecer principalmente un dato confiable como característica principal de la instrumentación, segundo, el análisis del comportamiento de los mismos parámetros en la última década en el área de trabajo (Río Cauca) con el fin de encontrar los rangos de medición con para establecer los mismos en el modelo ya que estos rangos comprendieron el valor máximo y mínimo registrado que han alcanzado los parámetros como se menciono en la última década; finalmente se establecieron las características técnicas de cada uno de los instrumentos partiendo de los rangos de medición y la técnica que cada uno de estos caracterizaría el sensor.

El estudiar las técnicas de medición de los parámetros de calidad de agua y las variaciones de los mismos en el Río Cauca dentro del departamento permitieron que el sistema electrónico diseñado se tomara como modelo para la medición de los parámetros de calidad de agua en cualquier punto sobre el río que sea seleccionado por la CVC para ser monitoreado.

Se realizó el plan de seguimiento y control de las estaciones en el cual se puntualizaron los procedimientos pertinentes para llevar a cabo por parte de los funcionarios de la CVC en las estaciones automáticas a implementar por la misma dentro de sus actividades.

Se realizó para el plan de mantenimiento y calibración de las estaciones, la estipulación de jornadas de mantenimiento, tiempos de ejecución de campañas de calibración, limpieza, seguridad del personal y capacitación de los mismos.

Por medio del estudio que se realizó en la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca se pudo investigar y conocer sobre los índices de caracterización de las mediciones en las aguas de los ríos.

El análisis ambiental del Río Cauca y el estudio realizado sobre el mismo, de cada uno de los parámetros permitió hacer una buena selección de los dispositivos a obtener, los cuales podrán garantizar una buena sostenibilidad para los próximos diez años en campo, ya que por haber tomado datos congruentes del Río Cauca se saben las condiciones actuales y anteriores de este, lo cual fue pauta para selección de dispositivos por condiciones ambientales, del modelo.

Se logró hacer mediante un estudio de técnicas de medición de los parámetros de calidad de agua (Oxígeno Disuelto, pH, Conductividad y Turbidez), la selección de las más adecuadas para la medición de cada uno de dichos parámetros, lo cual permitió hacer una caracterización y descripción satisfactoria, de especificaciones técnicas de los equipos de medición (Instrumentación), con el objeto de que la Corporación tenga una amplia visión para entrar a un proceso de contratación para adquirir los dispositivos de cada estación.

Gracias al estudio realizado de los parámetros de calidad de agua se pudo diferenciar cada una de las técnicas de medición de cada uno de dichos parámetros, lo cual permitió hacer una selección con criterio de las técnicas que cada uno de los sensores deberá tener para hacer la medición.

El uso de un bus de campo para el diseño de la red permitirá por medio de dispositivos estandarizados conectados entre sí por este bus, lograr tener un sistema redundante de datos lo que garantizará, en el centro de control, datos por consulta directa a la estación o a la base de datos de la Corporación, ya que no

toda la responsabilidad de procesamiento y almacenamiento de datos quedo sobre el datalogger, sino en cada uno de los transmisores de cada parámetro de medición.

De igual manera se cumplió en la totalidad de requerimientos premisas y restricciones de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.

Gracias al trabajo realizado en la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC, se tomo una nueva perspectiva a lo que hoy en día llamamos Automatización, ya que no solo por medio de PLC's se hace monitoreo de variables tanto de actuadores como de sensores. Como también se ampliaron y afianzaron conocimientos en el área de telecomunicaciones Satelitales.

Gracias a la fase conceptual y evaluación, generación de conceptos, y análisis Río Cauca las cuales fueron las pautas para el diseño se logro diseñar de forma satisfactoria para la Corporación un modelo de estación automática y su sistema electrónico para la medición de parámetros de calidad de agua requerido por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC.

Es de gran importancia sobresaltar la labor realiza la Corporación en la implementación de nuevos sistemas tecnológicos, para velar por la misión que se han plantado desde el principio de su creación como entidad, y de gran satisfacción para esta implementar sistemas de última tecnología por medio de un equipo de trabajo calificado y apto para desarrollar su labor.



## BIBLIOGRAFIA

APPLICATION GUIDE FOR INSTALLATION AND CABLING OF THE COMMUNICATIONS OPTION FOR CAL 3300 / 9300 / 9400 / 9500 CONTROLLERS 8th November 1999 Ver 1.10 Doc: 33010 Iss: 005

AUTOMATAS PROGRAMABLES: INTRODUCCION A LOS BUSES DE CAMPO Y CONCEPTOS BASICOS DE COMUNICACIONES DIGITALES, Balcells, Romeral Jos, Luis coaut, José Luis Romeral, Rey Eugenio coord. Colaborador José Luis Romeral Publicado por Alfaomega ; Marcombo, 1998

BRADSHAW, A.L & K.E. CHLEICHER. 1980. Electrical Conductivity of Seawater . IEEE J.Oceanic Eng. OE – 5 – 50.

BATESS, R.G. 1978. CONCEPT AND DETERMINATION OF pH. *Ln* I.M. Kolthoff & P.J.Eñving. eds. Treatise on Analytical Chemistry. Part 1, vol 1, p.821. Wiley-Interscience, New York, N.Y.

COMUNICACIONES INDUSTRIALES- SISTEMAS DE REGULACIÓN: COMUNICACIONES INDUSTRIALES, Julian Cocera Rueda, Pedro Morcillo Ruiz Colaborador Julian Cocera Rueda, Paraninfo, 2001

DCS SISTEMAS DE CONTROL DISTRIBUÍDOS, Adolfo Ortiz Rosas, Docente Universidad Autónoma de Occidente, Material de Clase.

EL LIBRO DE LAS COMUNICACIONES DELPC: CONCEPTOS GENERALES DE COMUNICACIONES -TÉCNICA, PROGRAMACIÓN Y APLICACIONES, J Carballar, José Antonio Carballar Falcón Publicado por Ra-Ma, Libreria y Editorial Microninfomatica, 1996

FUNDAMENTOS DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA, T. H. Y. Tebbutt, Raul Arrioja Juarez Traducido por Raul Arrioja Juarez Edition: 9 Publicado por Limusa, 2002

INTERNATIONAL ORGANITATION FOR STANDARIZATION. 1985. ISO 6658 Sensory Analysis. Methodology – General Guidance, International Organization for SAtandarizations, Geneva, Switzwerland.

MEMORANDO TÉCNICO NESDIS 40 NOAA, Sistema de colección de datos del satélite medioambiental operacional geoestacionario. Michael J. Nestlebusch Washington, D.C. ESTADOS UNIDOS Satélite Nacional Oceánico y Medioambiental, DEPARTAMENTO DE COMERCIO Datos administrativos atmosféricos, Servicio de información Ronald H. Brown, Secretario D. James Baker, Administrador Robert H. Winokur, Asistente administrativo

MÉTODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES, American Water Works Association, American Public Health Association, Water Pollution Control Federation, Mary Ann H. Franson, 1992

MODBUS RTU COMMUNICATIONS GUIDE 7th September 2000  
ISSUE 1.10 Doc:33034 Iss:002

STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER, Centennial Edition, 2005, 21st Edition, APHA AWWA WEF.

TECNQUES O WATER-RESOURCES, Buchanan, T y Somers, W. Investigations of to United Estates Geological Survey. 1976. US Geological Survey. United States Government printing office, Washington.

QUIMICA. Septima edicion Raymond Chang, Williams College McGraHill, Mayo 2003 p 605

WINKLER. LW. 1888. THE DETERMINTATION OF DISSOLVED OXYGEN IN WATER. Berlin. Deut. Chem. Ges. 21:2843

## ANEXOS

### Anexo A. Históricos Río Cauca año 1996

Tabla 28. Históricos Río Cauca año 1996

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA CVC. DIRECCION TECNICA AMBIENTAL - LABORATORIO 1996						
ESTACIONES			TABLANCA	JUANCHITO	CARTON COLOMBIA	ANACARO
PARAMETROS						
pH	Unidad	Max	6,85	6,90	6,9	7,3
		Min	6,25	6,30	6,6	6,7
TEMPERATURA	°C	Max	22,50	20,00	23,0	24,0
		Min	19,00	18,00	18,0	13,0
TURBIDEZ	NTU	Max	220,00	547,00	221,0	425,0
		Min	34,45	131,90	61,6	151,0
OXÍGENO DISUELTO	mg /l	Max	6,90	5,80	3,3	6,4
		Min	2,25	4,50	2,3	2,4
CONDUCTANCIA ESPECIFICA	µS/cm	Max	83,70	101,80	146,8	190,3
		Min	69,40	76,00	89,8	113,8

## Anexo B. Históricos Río Cauca año 1997

Tabla 29. Históricos Río Cauca año 1997

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA CVC. DIRECCION TECNICA AMBIENTAL - LABORATORIO 1997						
ESTACIONES			TABLANCA	JUANCHITO	CARTON COLOMBIA	ANACARO
PARAMETROS						
pH	Unidad	Max Min	7,00 6,45	7,10 6,60	7,00 6,70	7,10 6,00
TEMPERATURA	°C	Max Min	24,00 19,00	26,00 20,00	27,00 20,00	27,00 20,00
TURBIDEZ	NTU	Max Min	116,00 11,00	190,00 38,00	105,00 43,00	130,00 65,00
OXÍGENO DISUELTO	mg O/l	Max	6,35	5,60	4,50	3,90
		Min	5,25	4,50	0,20	3,20
CONDUCTANCIA ESPECIFICA	µS/cm	Max	74,55	144,70	209,00	195,00
		Min	62,90	84,70	113,40	129,20

## Anexo C. Históricos Río Cauca año 1998

**Tabla 30. Históricos Río Cauca año 1998**

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA CVC. DIRECCION TECNICA AMBIENTAL - LABORATORIO 1998						
PARAMETROS		ESTACIONES	TABLANCA	JUANCHITO	CARTON COLOMBIA	ANACARO
pH	Unidad	Max	6,5	7,0	6,9	7,2
		Min	6,1	6,6	6,7	6,4
TEMPERATURA	°C	Max	23,3	25,9	26,7	26,1
		Min	20	20,0	21,0	21,0
TURBIDEZ	NTU	Max	243,0	137,0	151,0	272,0
		Min	23,3	40,0	62,0	70,0
OXÍGENO DISUELTO	mg/l	Max	6,7	6,1	3,0	2,6
		Min	3,95	4,2	0,0	2,0
CONDUCTANCIA ESPECIFICA	µS/cm	Max	99,25	150,0	218	218,0
		Min	62,1	96,9	130,7	161,3

## Anexo D. Históricos Río Cauca año 1999

Tabla 31. Históricos Río Cauca año 1999

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA CVC. DIRECCION TECNICA AMBIENTAL - LABORATORIO Año 1999						
PARAMETROS		ESTACIONES	TABLANCA	JUANCHITO	CARTON COLOMBIA	ANACARO
pH	Unidad	Max	7,60	7,60	7,4	7,3
		Min	6,30	6,70	6,8	7,0
TEMPERATURA	°C	Max	23,00	22,30	22,0	23,2
		Min	20,40	19,00	20,0	22,0
TURBIDEZ	NTU	Max	264,00	393,00	560	654
		Min	91,50	40,00	21,0	37,0
OXÍGENO DISUELTO	mg O/l	Max	6,85	7,60	4,50	3,2
		Min	4,85	4,80	0,3	2,6
CONDUCTANCIA ESPECIFICA	µS/cm	Max	67,55	118,00	168	166,0
		Min	52,50	82,00	85,7	135

## Anexo E. Históricos Río Cauca año 2000

**Tabla 32. Históricos Río Cauca año 2000**

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA CVC. DIRECCION TECNICA AMBIENTAL – LABORATORIO Año - 2000						
ESTACIONES			TABLANCA	JUANCHITO	CARTON COLOMBIA	ANACARO
PARAMETROS						
pH	Unidad	Max	7,35	8,1	7,4	7,6
		Min	7,1	6,8	7,3	7,3
TEMPERATURA	°C	Max	21,5	23,0	23,2	24,0
		Min	21,00	19,0	18,0	22,0
TURBIDEZ	NTU	Max	267	273	277	307
		Min	42,5	78,0	66,0	121,0
OXÍGENO DISUELTO	mg /l	Max	7,1	6,10	4,31	4,2
		Min	6,8	5,0	2,14	3,20
CONDUCTANCIA ESPECIFICA	µS/cm	Max	78,10	109	125,0	154,0
		Min	59,5	53,0	71,0	127

# Anexo F. Históricos Río Cauca año 2001

**Tabla 33. Históricos Río Cauca año 2001**

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA CVC. DIRECCION TECNICA AMBIENTAL – LABORATORIO AÑO - 2001						
ESTACIONES			TABLANCA	JUANCHITO	CARTON COLOMBIA	ANACARO
PARAMETROS						
pH	Unidad	Max	7,58	7,7	7,3	7,8
		Min	5,91	5,7	6,87	7,0
TEMPERATURA	°C	Max	22,15	24,6	25,3	26,7
		Min	21,00	21,0	21,0	22,2
TURBIDEZ	NTU	Max	295,00	99,0	110,0	474,0
		Min	24,50	46,0	39,0	23,3
OXÍGENO DISUELTO	mg /l	Max	7,02	7,4	3,0	3,8
		Min	6,35	5,3	0,5	2,1
CONDUCTANCIA ESPECIFICA	µS/cm	Max	95,09	190,0	164,0	186,0
		Min	74,82	96,0	111,0	109,0



## Anexo G. Históricos Río Cauca año 2002

**Tabla 34. Históricos Río Cauca año 2002**

CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA CVC. DIRECCION TECNICA AMBIENTAL - LABORATORIO Año - 2002						
ESTACIONES			TABLANCA	JUANCHITO	CARTON COLOMBIA	ANACARO
PARAMETROS						
pH	Unidad	Max	7,26	7,27	7,10	7,48
		Min	7,11	7,05	6,58	6,76
TEMPERATURA	°C	Max	23,2	25,0	27,0	26,2
		Min	16,5	20,0	22,0	24,6
TURBIDEZ	NTU	Max	53,0	54,0	64,0	185,0
		Min	16,0	31,0	52,0	41,0
OXÍGENO DISUELTO	mg /l	Max	7,55	5,00	0,78	2,86
		Min	6,00	4,03	0,20	2,23
CONDUCTANCIA ESPECIFICA	µS/cm	Max	97,5	145,0	190,0	171,0
		Min	47,5	66,0	90,0	143,0

## Anexo H. Históricos Río Cauca año 2003

**Tabla 35. Históricos Río Cauca año 2003**

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA CVC. DIRECCION TECNICA AMBIENTAL – LABORATORIO Año - 2003						
ESTACIONES			TABLANCA	JUANCHITO	CARTON COLOMBIA	ANACARO
PARAMETROS						
pH	Unidad	Max	7,2	7,0	6,95	7,54
		Min	7,18	6,95	6,82	6,60
TEMPERATURA	°C	Max	22,9	21,0	23,0	25,6
		Min	22,3	20,0	20,0	22,8
TURBIDEZ	NTU	Max	110,0	108,0	118,0	275,0
		Min	14,0	30,0	23,0	25,0
OXÍGENO DISUELTO	mg O/l	Max	5,40	5,67	1,70	2,68
		Min	5,26	3,8	0,28	2,18
CONDUCTANCIA ESPECIFICA	µS/cm	Max	93,5	127,9	168,1	194,5
		Min	77,0	113,2	150,3	151,5

## Anexo I. Históricos Río Cauca año 2004

**Tabla 36. Históricos Río Cauca año 2004**

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA CVC. DIRECCION TECNICA AMBIENTAL – LABORATORIO Año - 2004						
ESTACIONES			TABLANCA	JUANCHITO	CARTON COLOMBIA	ANACARO
PARAMETROS						
pH	Unidad	Max	7,12	6,92	6,85	7,39
		Min	6,99	6,8	6,5	7,04
TEMPERATURA	°C	Max	22,5	22,0	23,0	25,2
		Min	22,0	17,0	18,0	23,6
TURBIDEZ	NTU	Max	185,0	102,0	144,0	186,0
		Min	35,0	82,0	98,0	83,0
OXÍGENO DISUELTO	mg /l	Max	6,3	5,2	2,34	2,84
		Min	4,96	4,70	0,63	2,05
CONDUCTANCIA ESPECIFICA	µS/cm	Max	92,2	99,5	120,5	158,0
		Min	77,4	95,8	114,5	152,0

## Anexo J. Históricos Río Cauca año 2006

**Tabla 37. Históricos Río Cauca año 2006**

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA CVC. DIRECCION TECNICA AMBIENTAL – LABORATORIO Año - 2006						
ESTACIONES			TABLANCA	JUANCHITO	CARTON COLOMBIA	ANACARO
PARAMETROS						
pH	Unidad	Max	7,58	7,2	7,013	7,54
		Min	5,91	6,21	6,77	6,60
TEMPERATURA	°C	Max	22,15	21,6	21,9	25,6
		Min	21,00	20,0	21,0	22,8
TURBIDEZ	NTU	Max	295,00	198,0	240,0	275,0
		Min	24,50	61,0	28,0	25,0
OXÍGENO DISUELTO	mg /l	Max	7,02	6,76	5,75	2,68
		Min	6,35	5,0	0,85	2,18
CONDUCTANCIA ESPECIFICA	µS/cm	Max	95,09	127,7	161,7	194,5
		Min	74,82	90,4	128,0	151,5

## Anexo K. Ficha Técnica Tablanca

Tabla 38. Información General Ficha técnica Tablanca.

Información General		
Código CVC: 2620000415		Inicio de operación: Enero 01 de 1978
Coordenadas: Norte: 837697.05 m Este: 1055878.81 m		Cero de mira: 974.367 msnm
		Categoría: AF / LM / CA
Caudal Máximo ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ )	666	Cuenca Río Cauca
Caudal Medio ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ )	186	Corriente Río Cauca
Caudal Mínimo ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ )	20	

Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

### UBICACION

En el municipio de Jamundí (Valle) cerca del casco urbano del corregimiento de Robles por la vía que de éste conduce a Villa Paz sobre la margen izquierda del río en el sitio donde se encuentra la barca cautiva de Tablanca (ver Figura 27, Figura 28). Sobre el eje del río desde el eje de la represa de Salvajina se encuentra localizada en la abscisa K37 + 103 m.

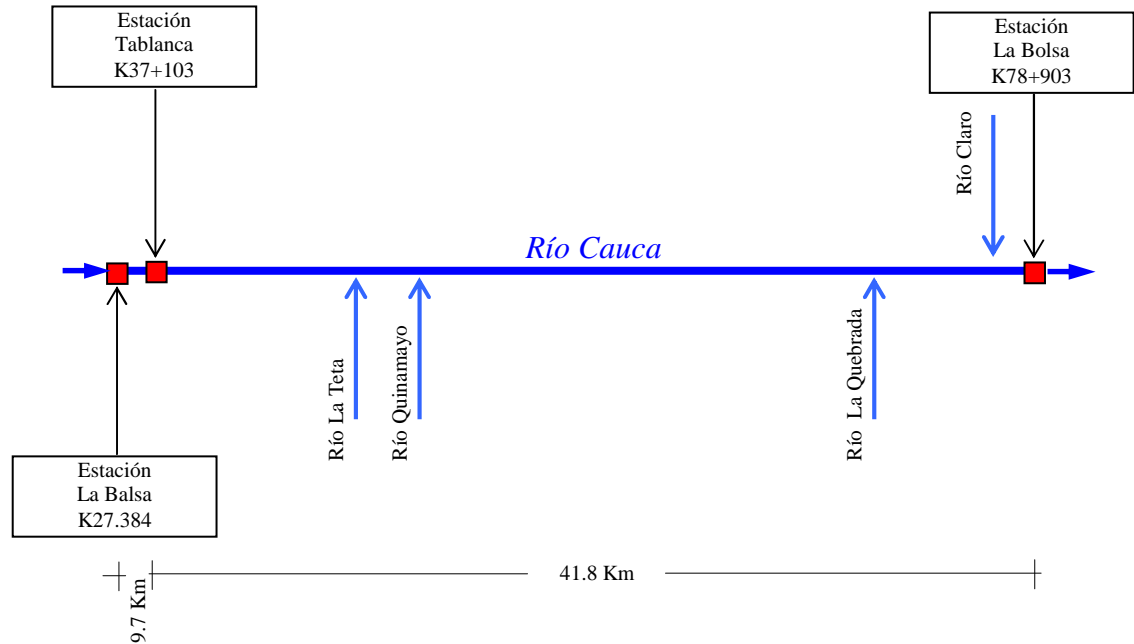
- Distancia a la estación anterior (La Balsa): 9.719 Km.
- Distancia a la siguiente estación (La Bolsa): 41.80 Km.

Próximo a la estación se encuentra el punto de la Red Geodésica de Alta Precisión CVC-Univalle denominado TABLANCA-GPS 6B (Ver Figura 29) con las siguientes especificaciones:

#### *Coordenadas planas:*

- Norte: 837605.928 m
- Cota: 978.863 msnm
- Este: 1055875.705 m

Figura 27. Esquema del tramo La Balsa – Tablanca – La Bolsa



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

### Comentarios

Es una sección estable desde el punto de vista de los procesos de agradación y degradación del lecho y se encuentra en un tramo del río que presenta estabilidad, por lo cual se considera una buena sección de aforos

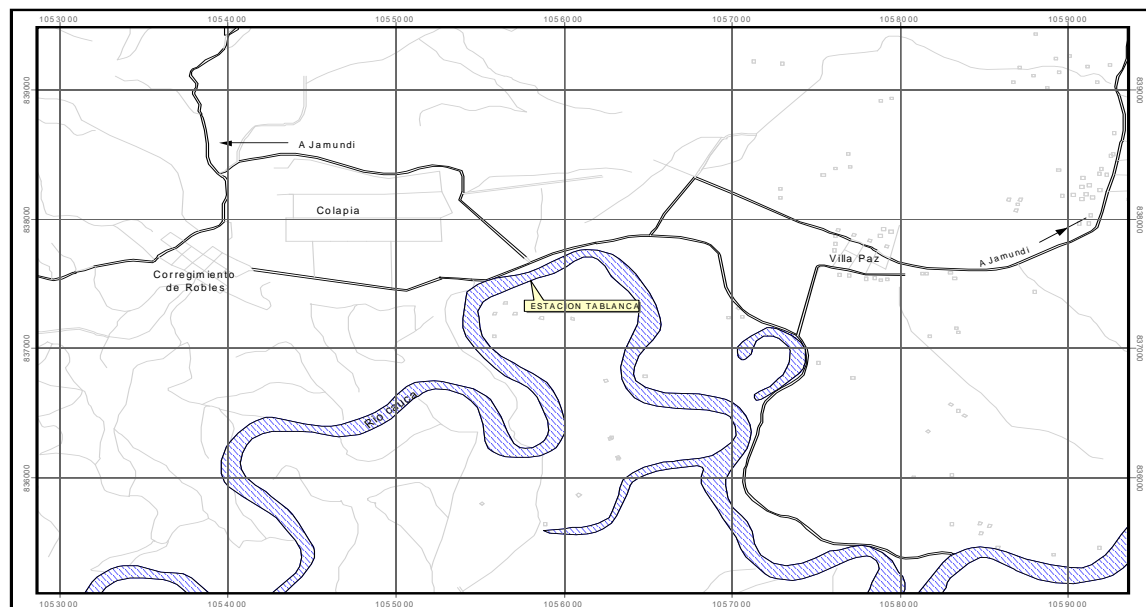
## UBICACIÓN GEOGRAFICA

Figura 28. Fotografía aérea sector estación Tablanca



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

Figura 29. Ubicación general de la estación hidrométrica Tablanca



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

Figura 30. Esquema de localización de la sección de aforo en la estación hidrométrica Tablanca.

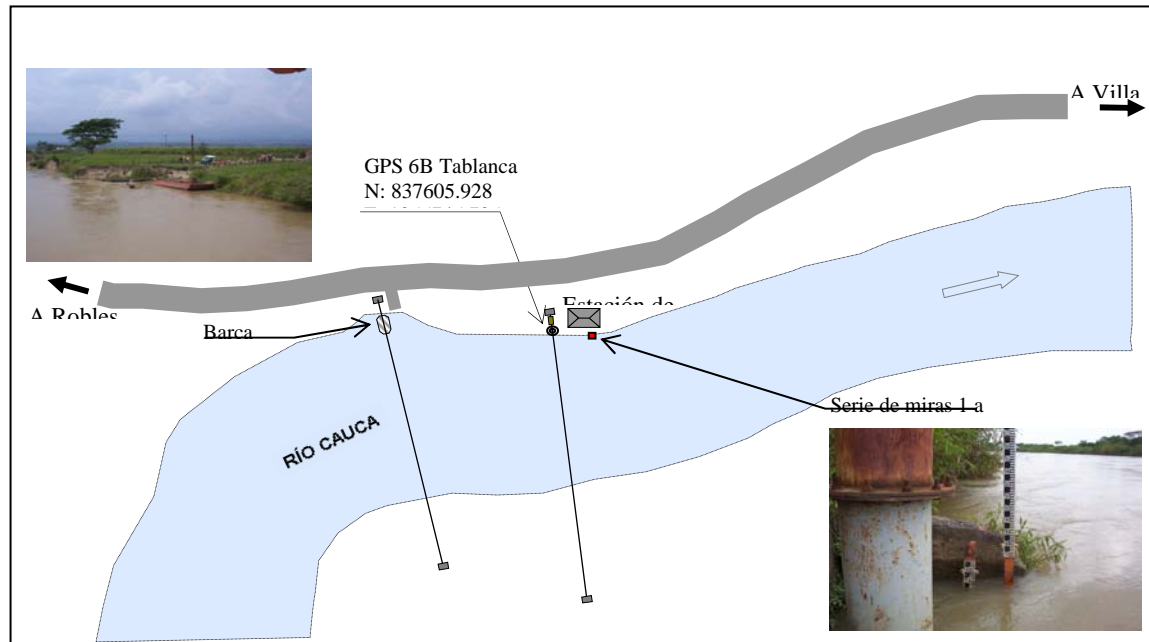
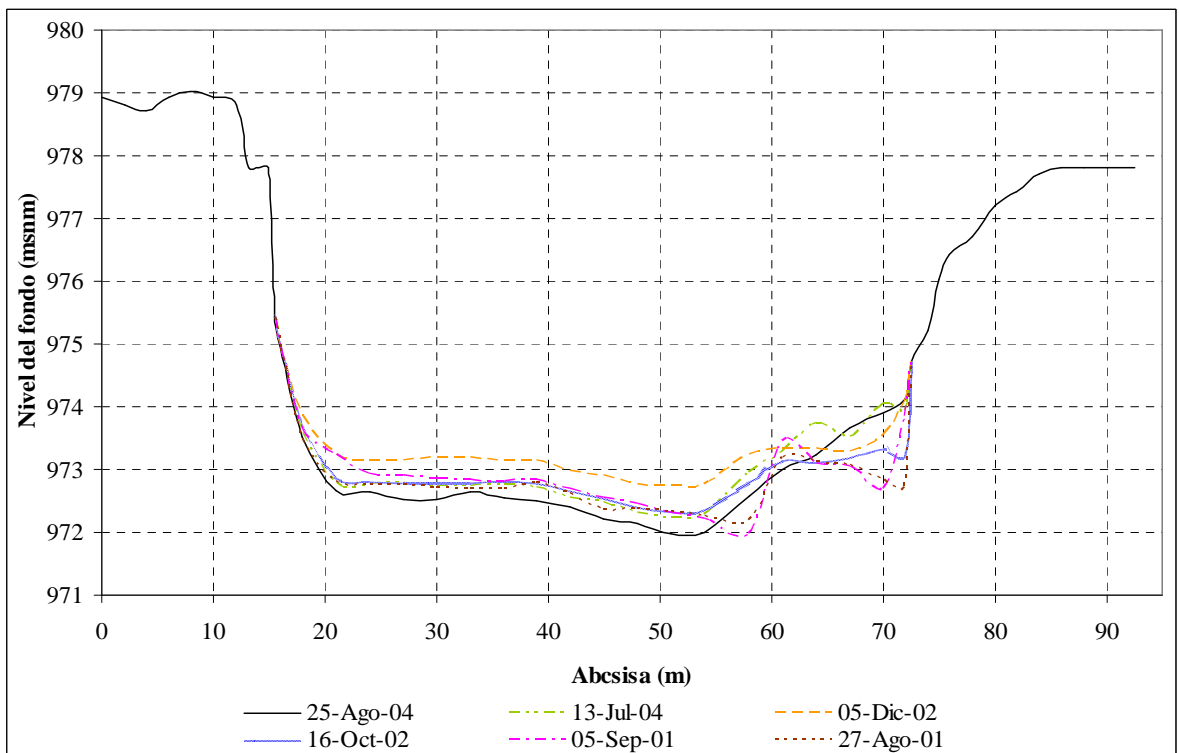


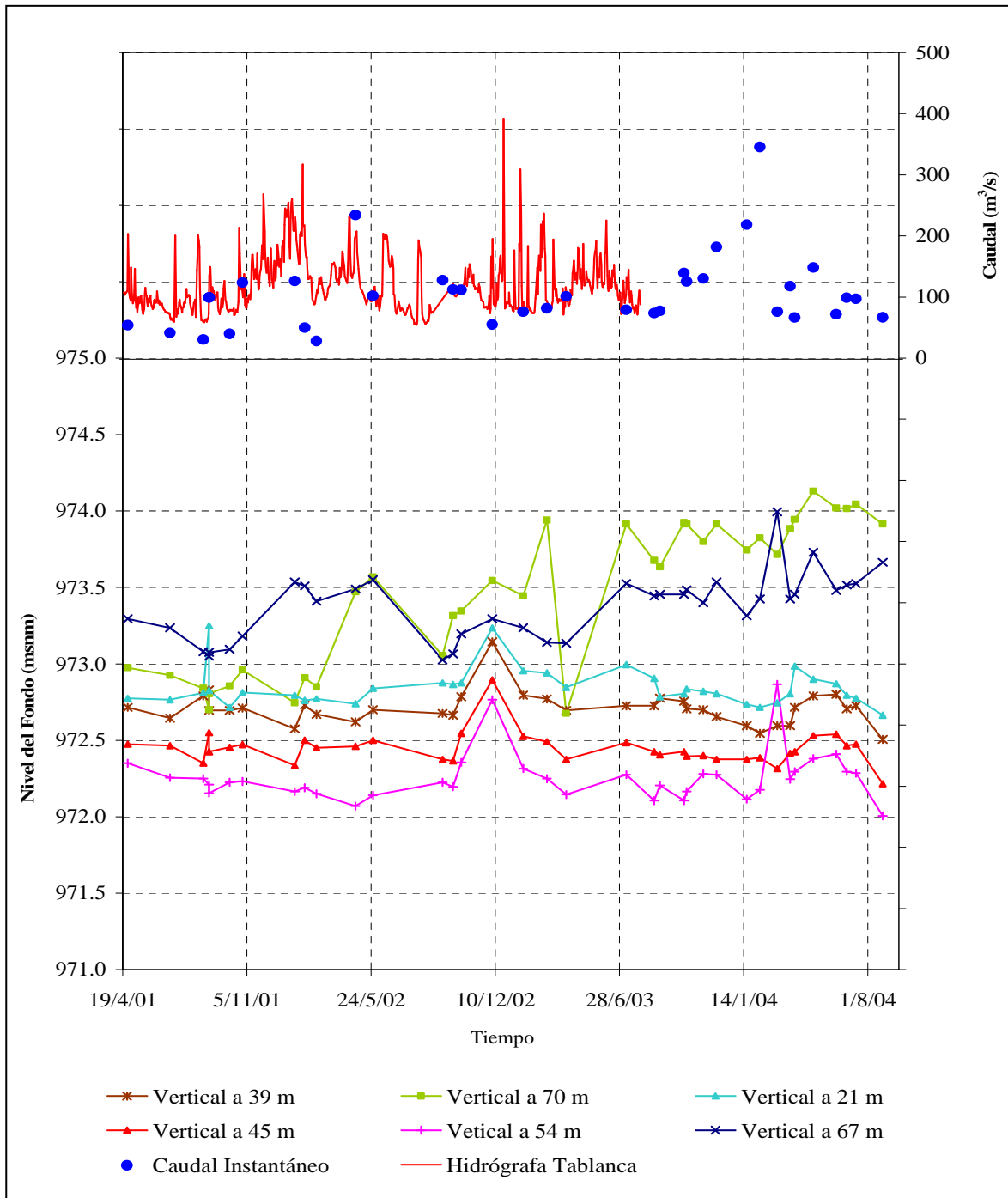


Figura 31. Secciones transversales en la estación Tablanca (2001- 2004)



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

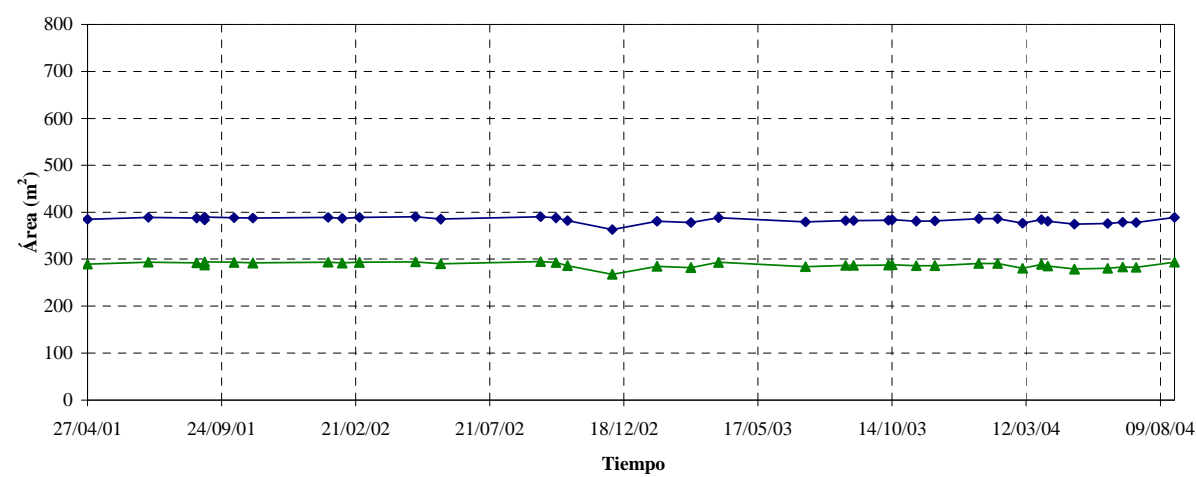
Figura 32. Variación en el tiempo del caudal y el nivel del fondo en diferentes verticales en la estación Tablanca (2001-2004)



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

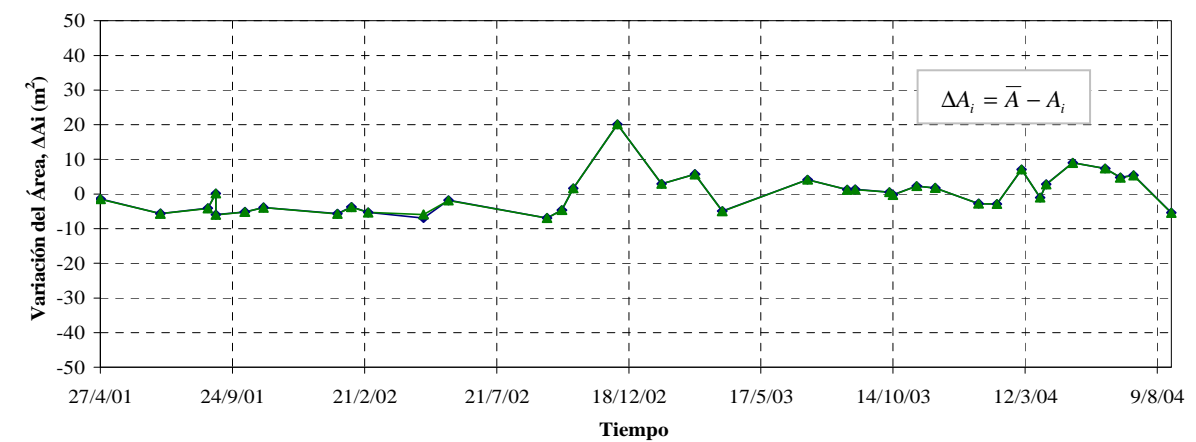
Variación en el tiempo del Área y Factor Hidráulico de la sección de aforo. Estación: Tablanca (2001-2004)

Figura 33. Variación en el tiempo del Área Hidráulica



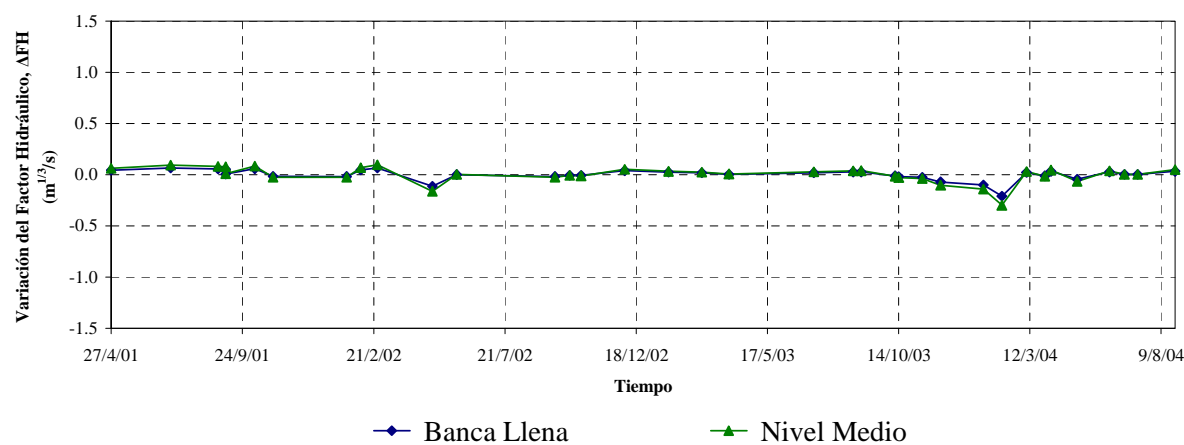
Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

Figura 34. Variación en el tiempo del Área con respecto al Área promedio de la sección.



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

Figura 35. Variación en el tiempo del Factor Hidráulico con respecto al Factor Hidráulico medio de la sección.



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

## Anexo L. Ficha Técnica Juanchito

Tabla 39. Información General Ficha técnica Juanchito

Información General		
Código CVC: 2610000401		Inicio de operación : Enero 01 de 1934
Coordenadas: Norte: 873 368.84 m Este: 1 066 917.95 m		Cero de mira: 942.572 msnm
		Categoría: AF / LM / LG / TL / CA
Caudal Máximo ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ )	974	Cuenca: Río Cauca
Caudal Medio ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ )	267	Corriente: Río Cauca
Caudal Mínimo ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ )	58	

Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

### Ubicación

En el municipio de Candelaria sobre el puente Juanchito, ubicado en la vía que de Cali conduce a Candelaria (ver Figura 36, Figura 37). Sobre el eje del río se encuentra localizada en la abscisa K139 + 259 m desde la represa de Salvajina.

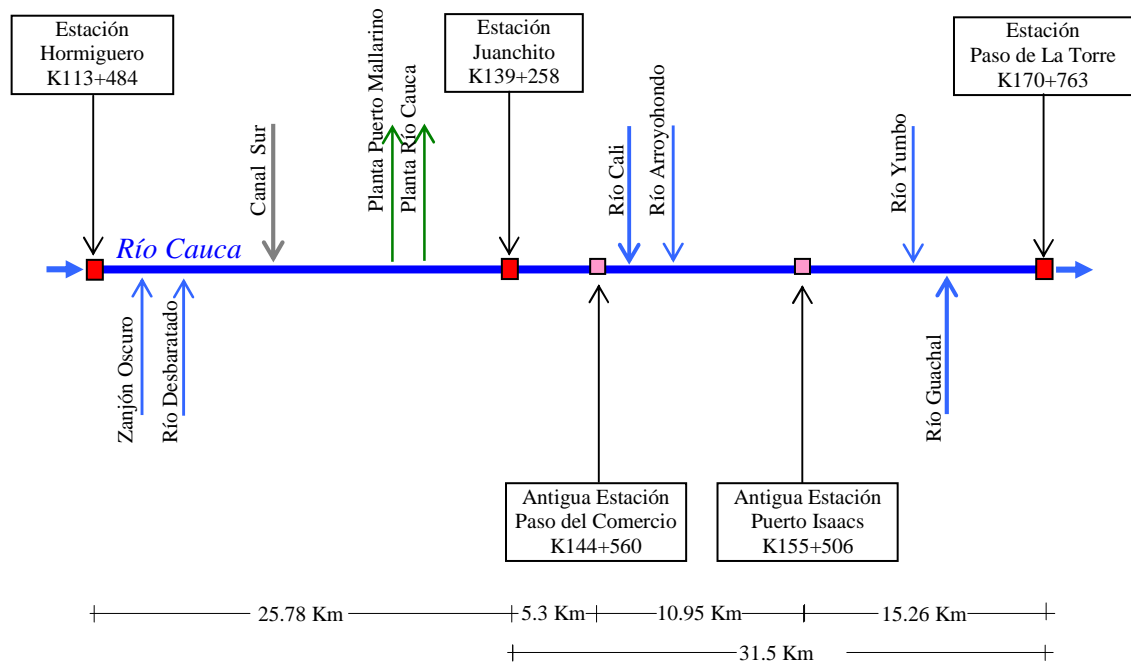
- Distancia a la estación anterior (El Hormiguero): 25.77 Km.
- Distancia a la siguiente estación (Paso de La Torre): 31.50 Km.

Próximo a la estación se encuentra el punto de la Red Geodésica de Alta Precisión CVC- Univalle denominado JUANCHITO-GPS 12 (ver figura 38), con las siguientes especificaciones:

Coordenadas planas:

- Norte: 873 335.50 m
- Cota: 955.70 msnm
- Este: 1 066 958.64 m

Figura 36. Esquema del tramo Hormiguero – Juanchito – Paso de la Torre



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

## Comentarios

- El aforo puede presentar problemas por riesgo del personal y de los equipos ya que éste se realiza desde el puente, el cual sólo tiene una calzada para el tránsito de los vehículos que circulan en ambos sentidos aumentando la posibilidad de un accidente.
- Las miras son hurtadas regularmente, ocasionando la pérdida de datos limnimétricos durante varios días.

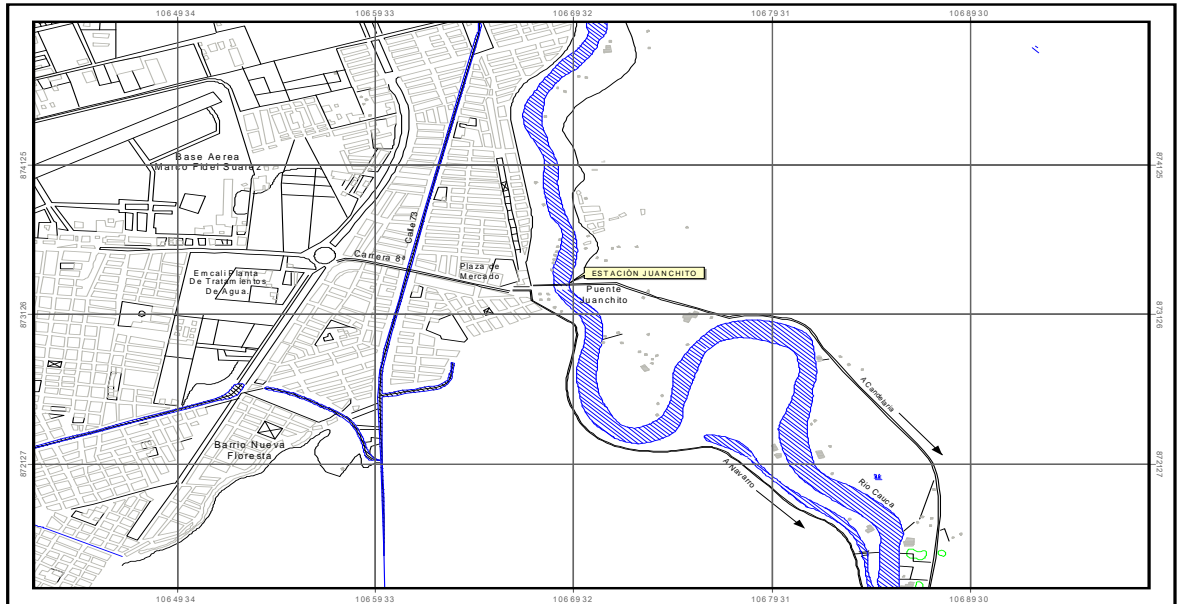
## UBICACIÓN GEOGRAFICA

Figura 37. Fotografía aérea sector estación Juanchito



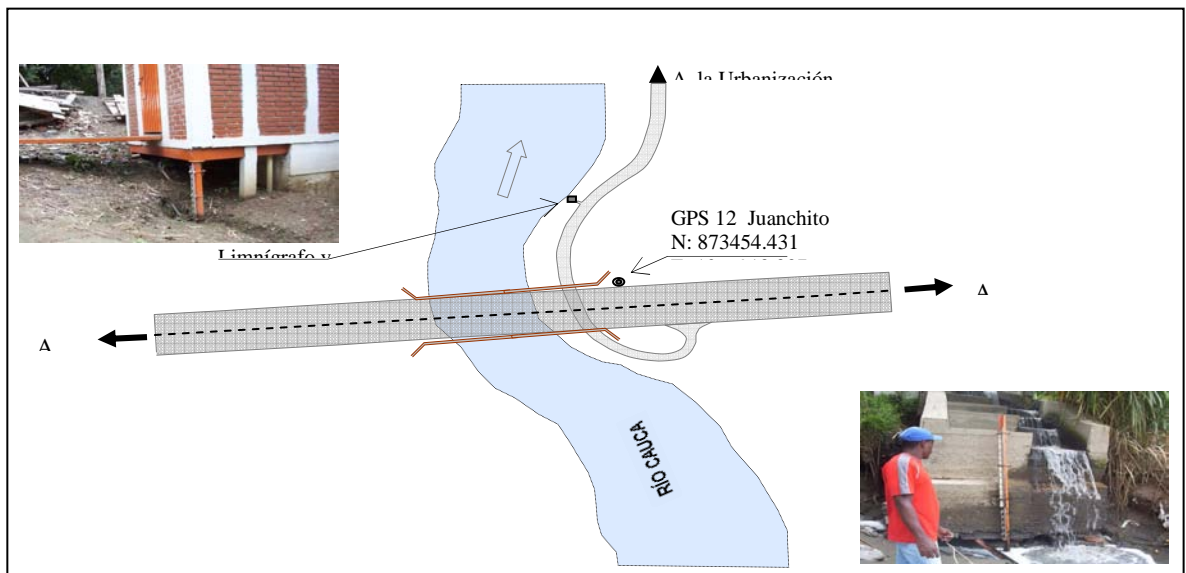
Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

Figura 38. Ubicación general de la estación hidrométrica Juanchito



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

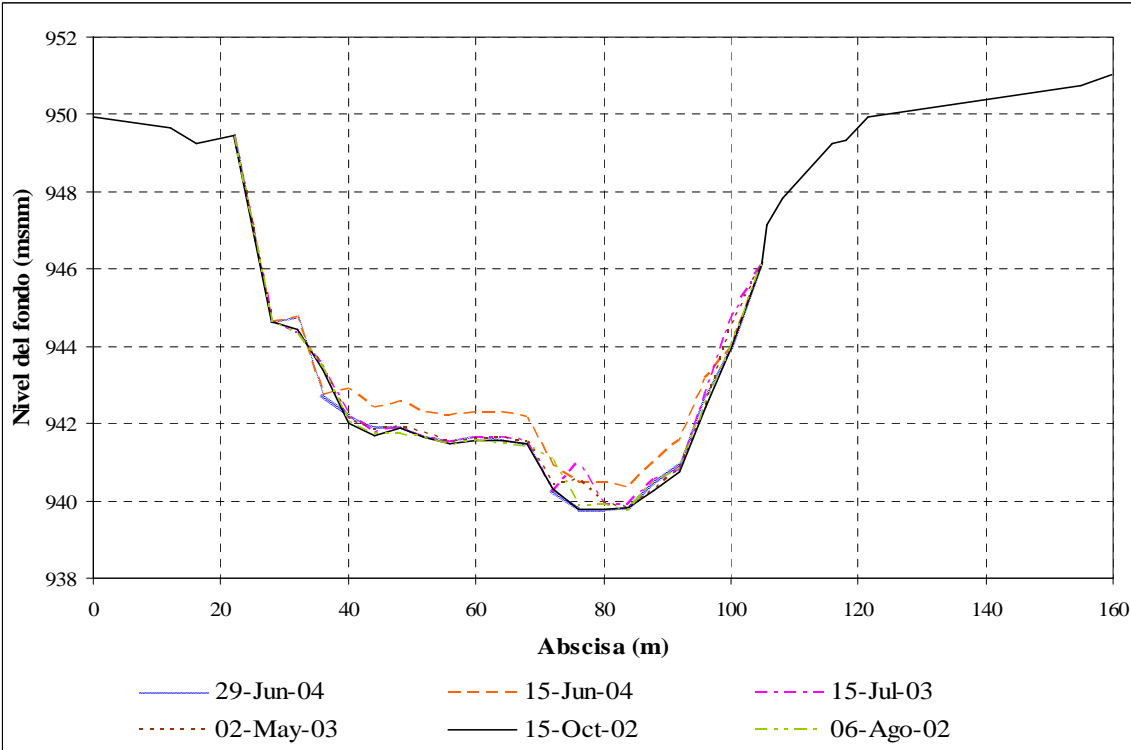
Figura 39. Esquema de localización de la sección de aforo en la estación hidrométrica Juanchito.



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

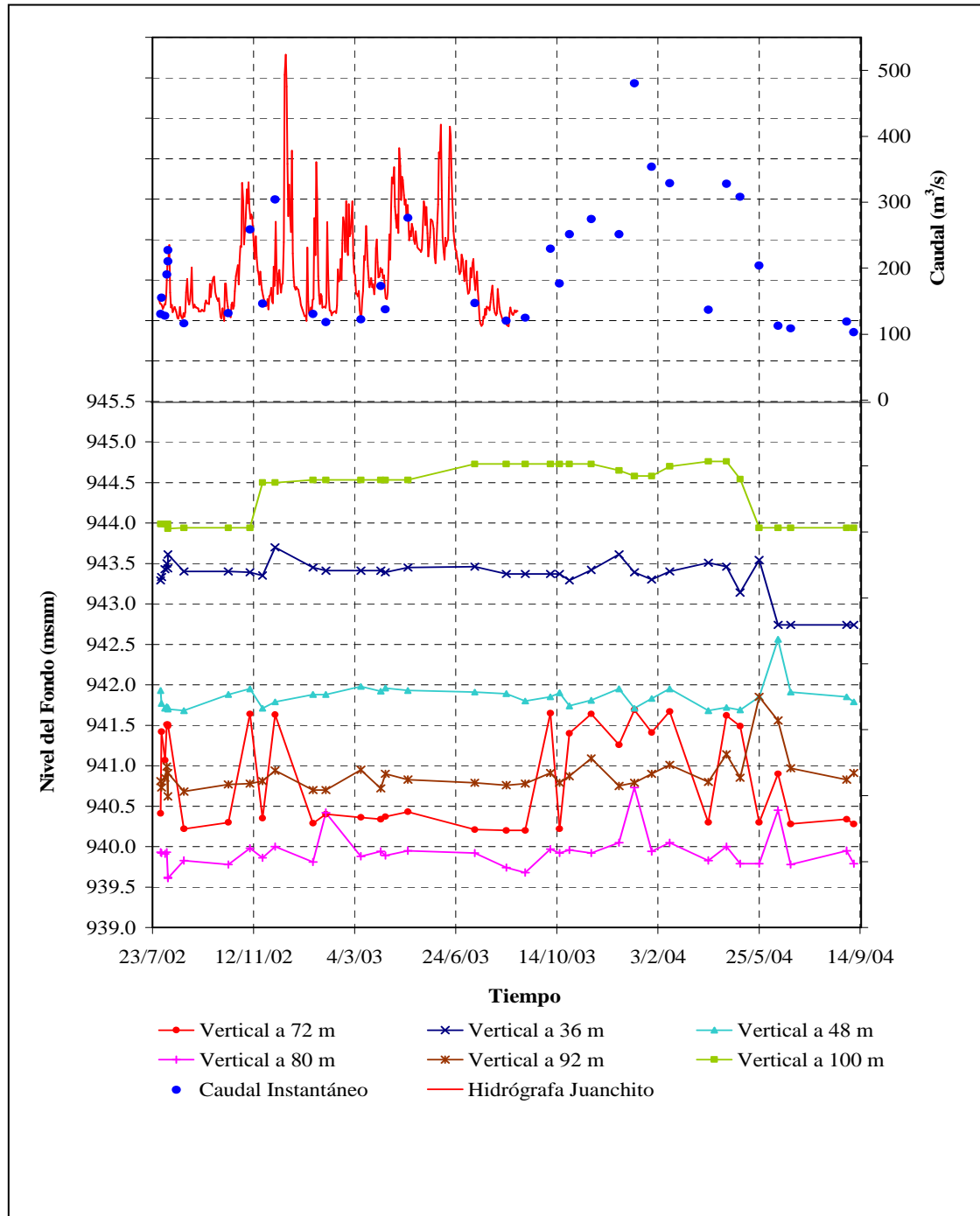


Figura 40. Secciones transversales tomadas en la estación Juanchito (2002 - 2004)



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

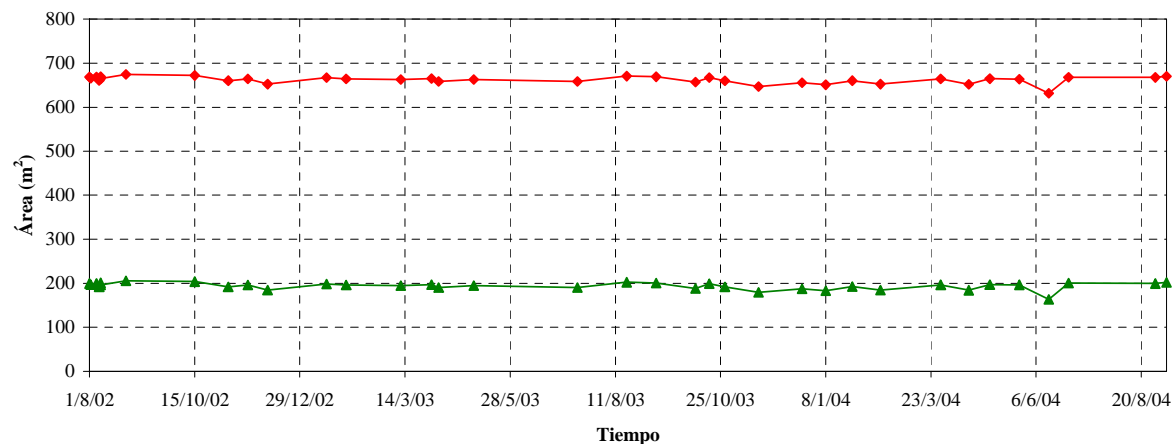
Figura 41. Variación en el tiempo del caudal y el nivel del fondo en diferentes verticales en la estación Juanchito (2002-2004)



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

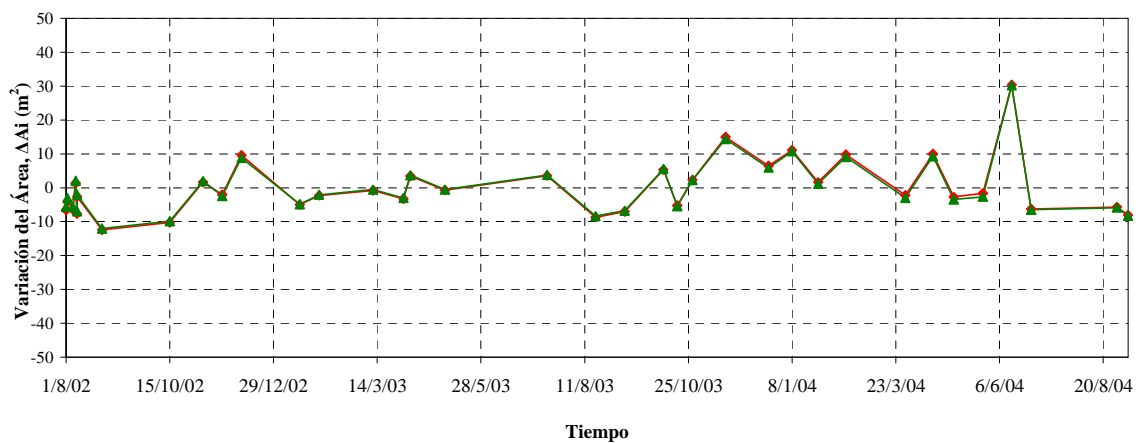
Variación en el tiempo del Área y Factor Hidráulico de la sección de aforo  
Estación: Juanchito (2002-2004)

Figura 42. Variación en el tiempo del Área Hidráulica



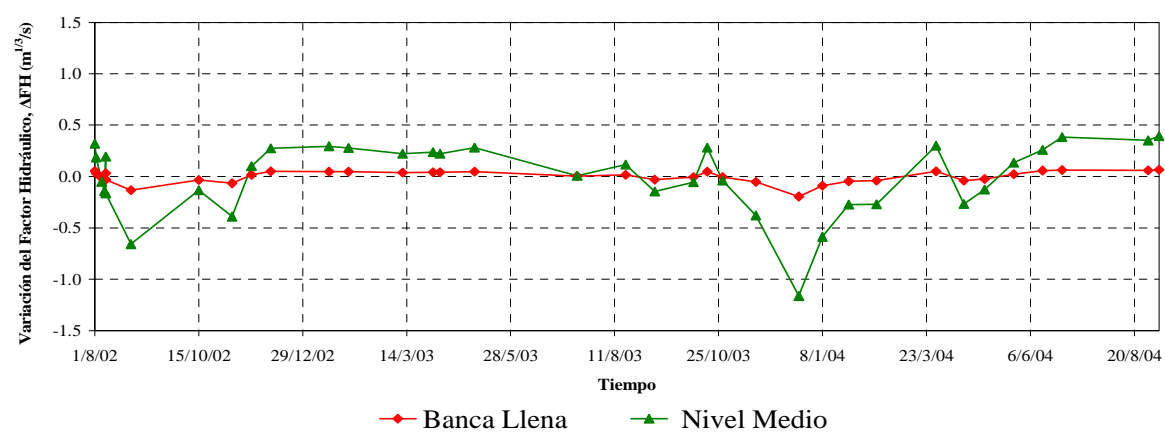
Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

Figura 43. Variación en el tiempo de Área con respecto al Área promedio de la sección



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

Figura 44. Variación en el tiempo del Factor Hidráulico con respecto al Factor Hidráulico promedio de la sección.



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

## Anexo M. Ficha Técnica Cartón Colombia (Paso la Torre)

Tabla 40. Información General Ficha técnica Cartón Colombia (Paso la Torre)

Información General		
Código CVC: 2620000404		Fecha de Inicio: Noviembre 24 de 2003
Coordenadas:    Norte :        892741.16 m Este :        1068927.25 m		Cero de mira: 1100 msnm
		Categoría: AF / LM
Caudal Máximo ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ )	503.6	Cuenca: Río Cauca
Caudal Medio ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ )	272.7	Corriente: Río Cauca
Caudal Mínimo ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ )	118.2	

Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

### Ubicación

Sobre el puente Paso de la Torre en el municipio de Yumbo por la vía que conduce de Mulaló al casco urbano de Rozo (ver Figura 45, Foto 46). Sobre el eje del río desde el eje de la represa de Salvajina se encuentra localizada en la abscisa K170 + 763 m.

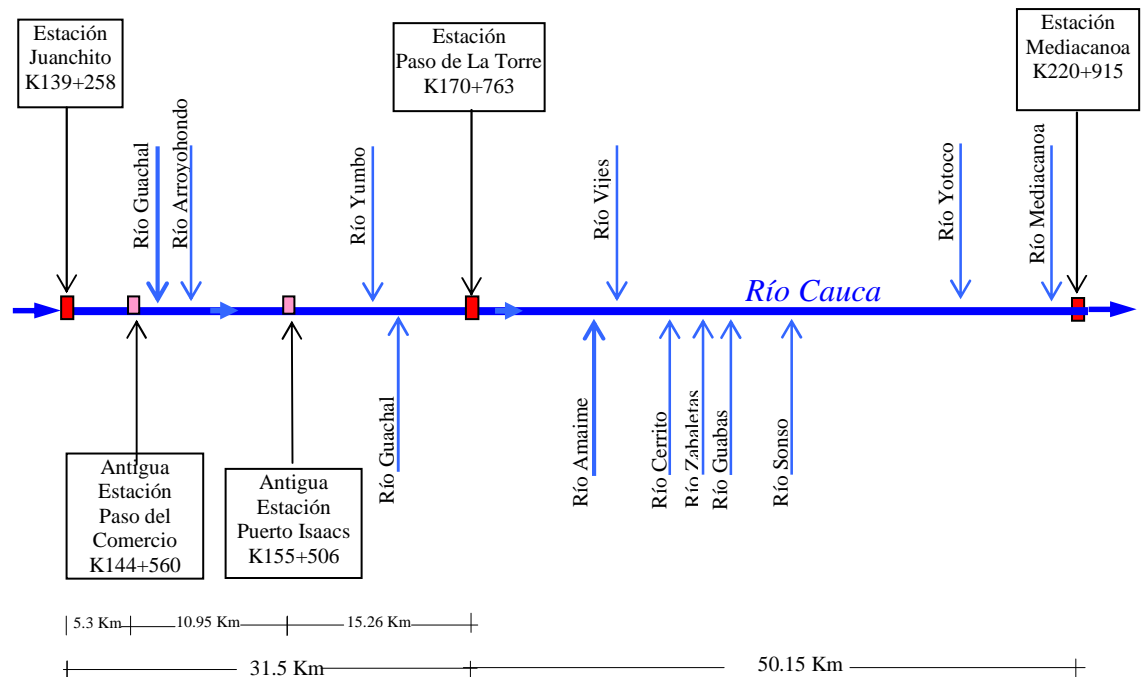
- Distancia a la estación anterior (Juanchito): 31.505 Km.
- Distancia a la siguiente estación (Mediacanoa): 50.152 Km.

Próximo a la estación se encuentra el punto de la Red Geodésica de Alta Precisión CVC-Univalle denominado PASO DE LA TORRE-GPS 14 (ver figura 47) con las siguientes especificaciones:

### Coordenadas planas:

- Norte: 892895.967 m
- Cota: 943.202 msnm
- Este: 1069055..273 m

Figura 45. Esquema del tramo Juanchito – Paso de la Torre – Mediacanóa



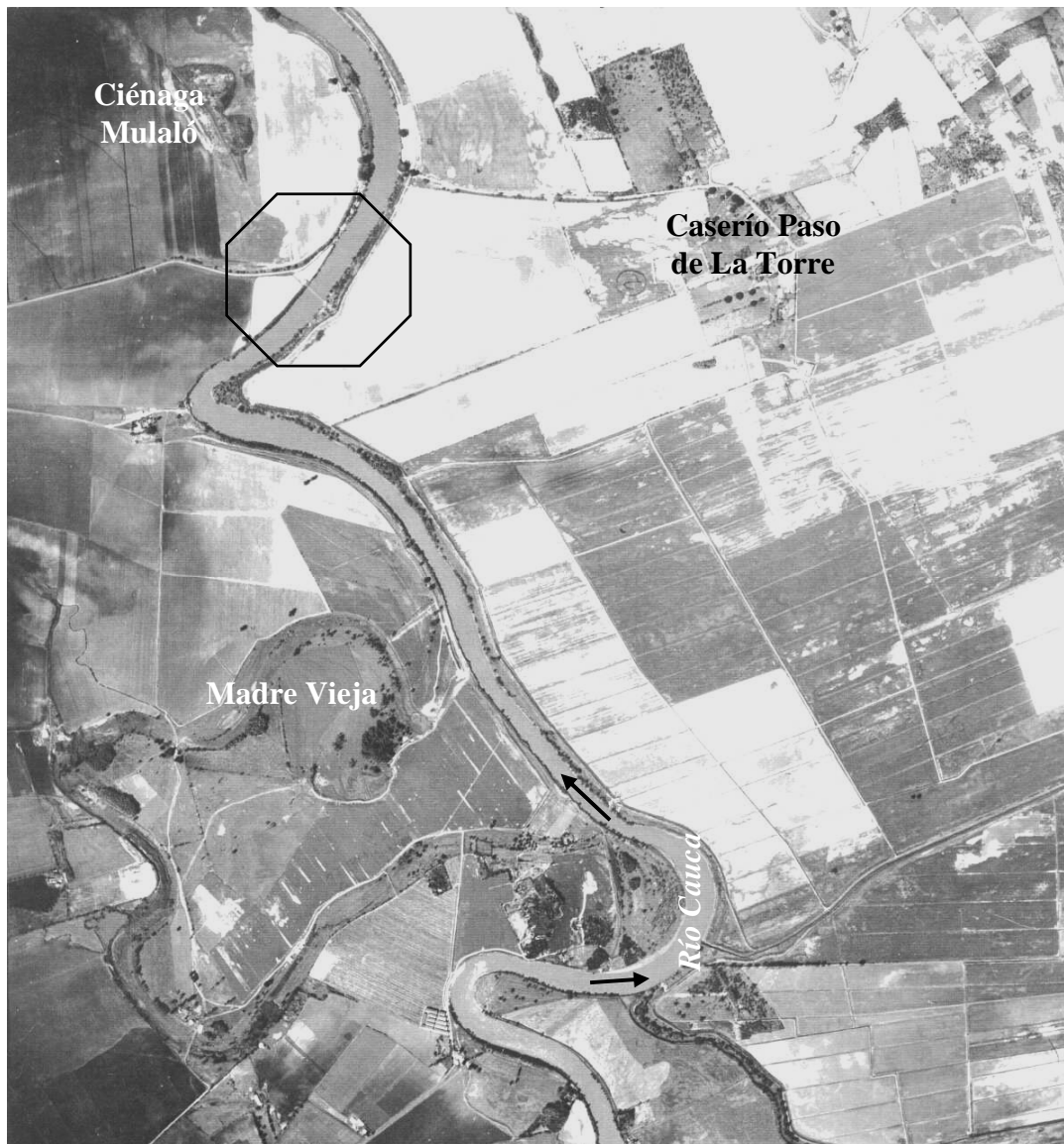
Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

## Comentarios

- La sección en estos momentos no cuenta con mira en su vecindad para la lectura de niveles durante el aforo, actualmente las miras se encuentran en el caserío Paso de La Torre a una distancia de 250 metros aproximadamente.

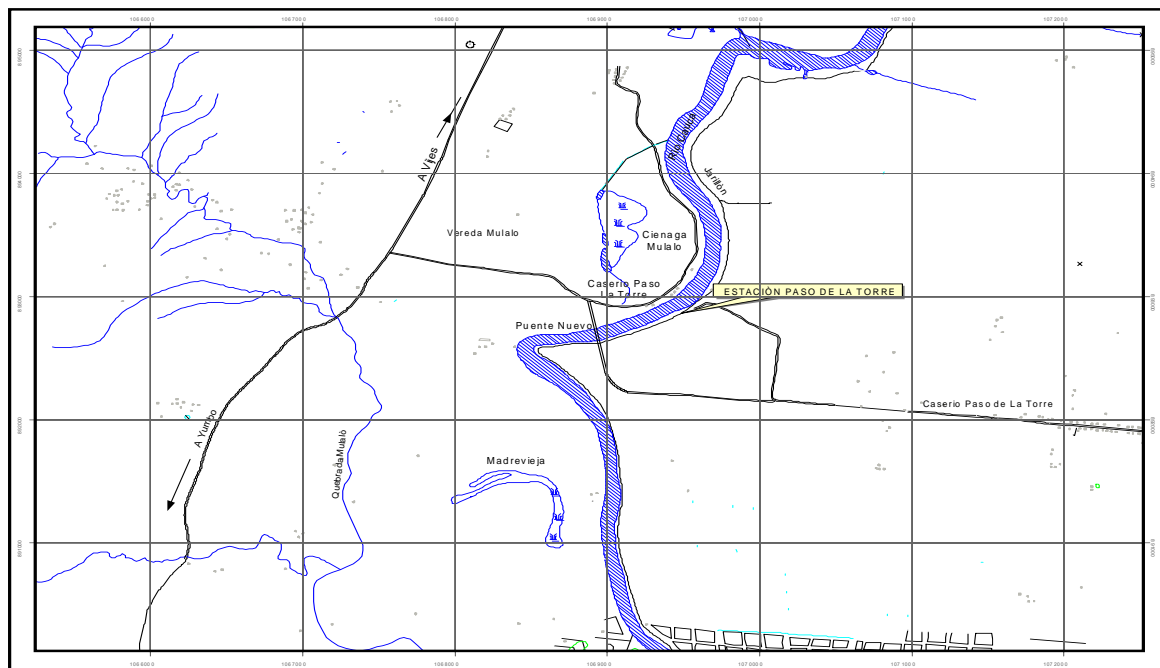
## UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Figura 46. Fotografía aérea sector estación Cartón Colombia (Paso la Torre)



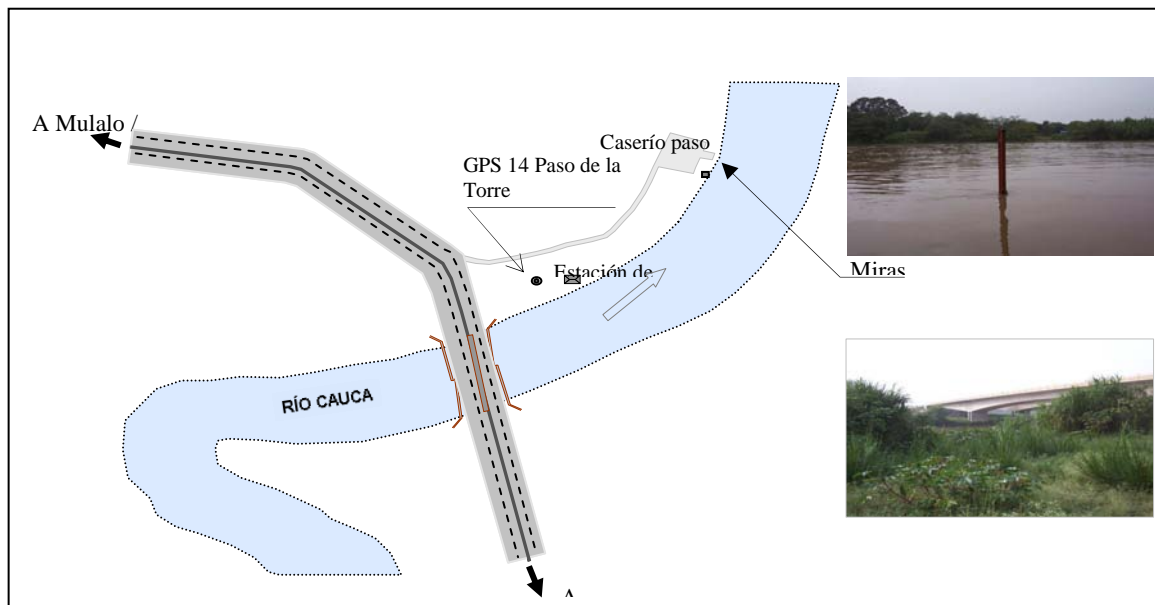
Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

Figura 47. Ubicación general de la estación hidrométrica Paso de la Torre



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

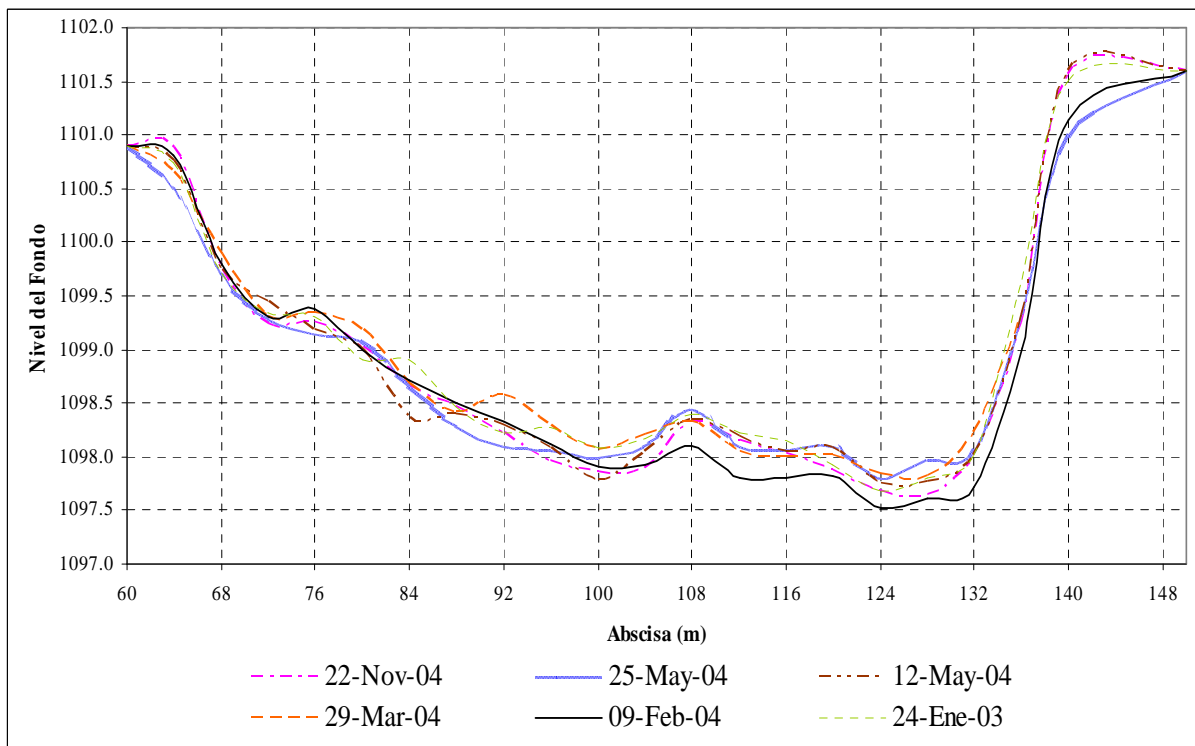
Figura 48. Esquema de localización de la sección de aforo en la estación hidrométrica Paso de la torre.



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

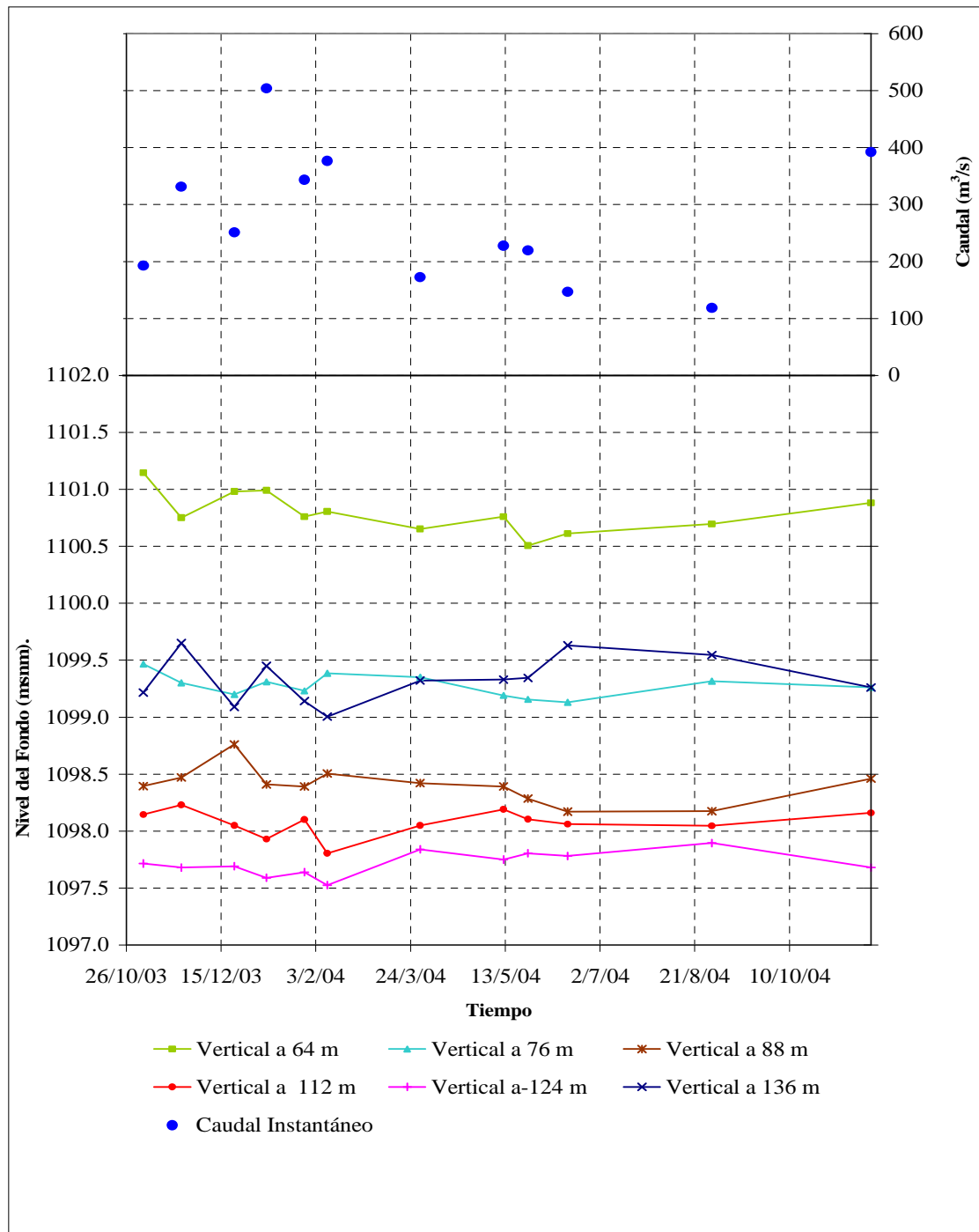


Figura 49. Secciones transversales en la estación Paso de la Torre (2003- 2004)



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

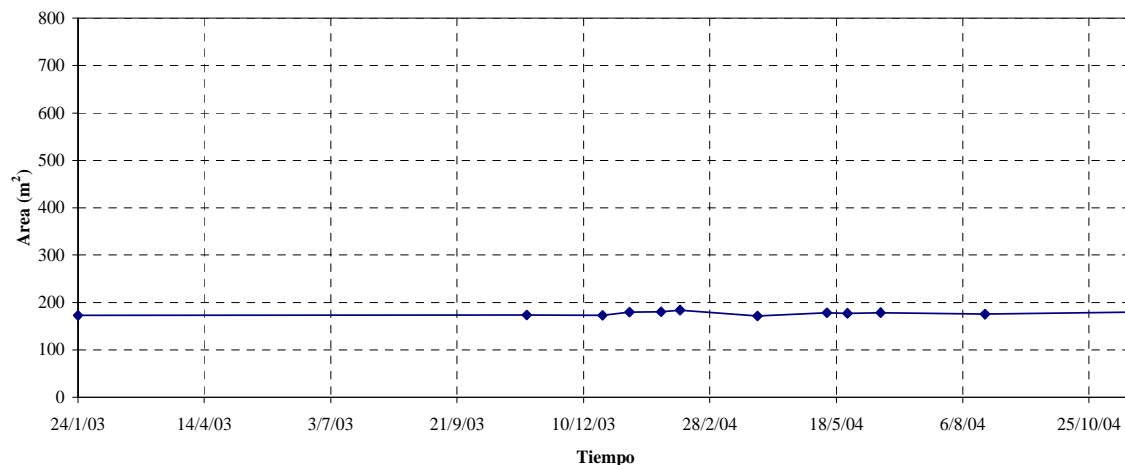
Figura 50. Variación en el tiempo del caudal y el nivel del fondo en diferentes verticales en la estación Paso de la Torre (2003-2004)



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

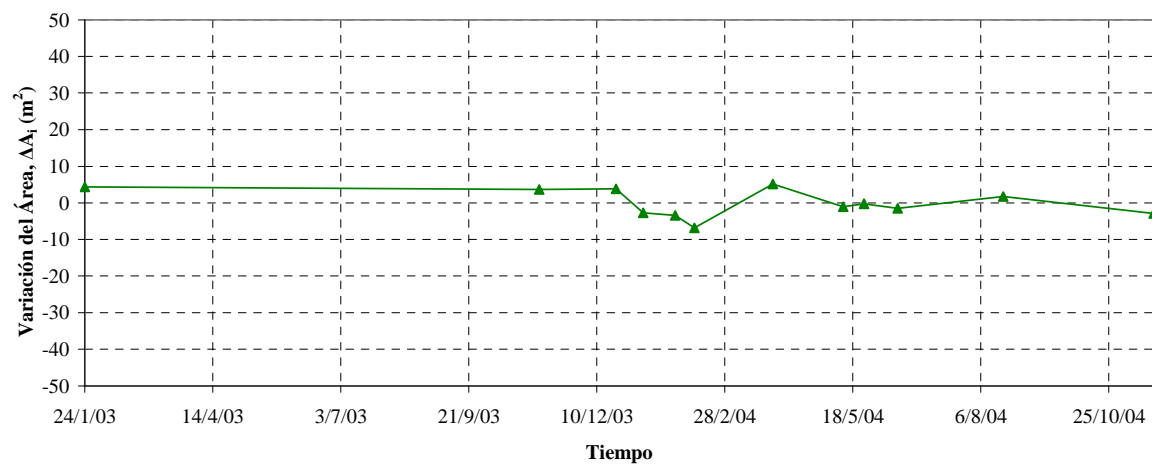
Variación en el tiempo del Área y Factor Hidráulico de la sección de aforo.  
Estación: Paso de la Torre (2003-2004)

Figura 51. Variación en el tiempo del Área Hidráulica



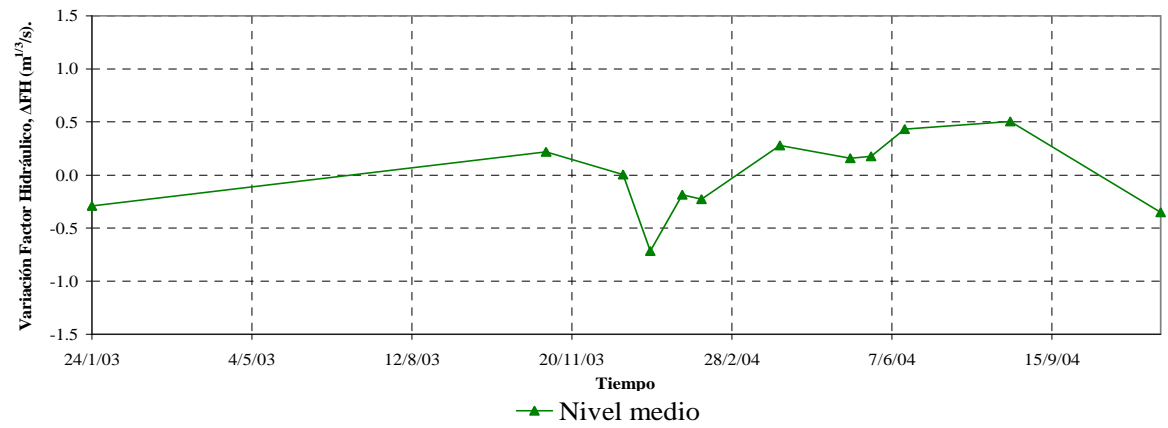
Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

Figura 52. Variación en el tiempo del Área con respecto al Área promedio de la sección.



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

Figura 53. Variación en el tiempo del Factor Hidráulico con respecto al Factor Hidráulico promedio de la sección.



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

## Anexo N. Ficha Técnica Anacaro

Tabla 41. Información General Ficha Técnica Anacaro

Información General		
Código CVC:	2610000405	Inicio de Operación: Enero 10 de 1961
Coordenadas: Norte:	1020810.45 m	Cero de mira: 895.565 msnm
Este:	1123202.42 m	Categoría: AF / LM / LG / CA
Caudal Máximo ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ )	1277	Cuenca: Río Cauca
Caudal Medio ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ )	386	Corriente: Río Cauca
Caudal Mínimo ( $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ )	94	

Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

### UBICACIÓN

Sobre el puente de Anacaro entre las poblaciones de Cartago y Ansermanuevo (ver Figura 54, Figura 55). Sobre el eje del río se encuentra localizada en la abscisa K416+514 m desde el eje de la represa de Salvajina.

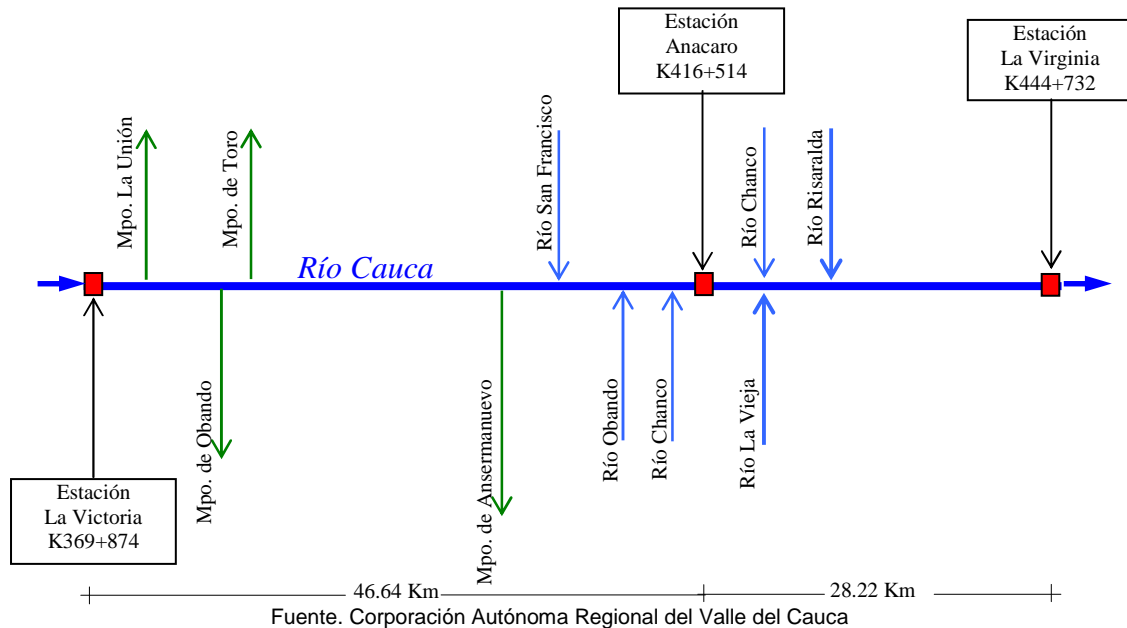
- Distancia desde la estación anterior (La Victoria): 46.65 Km.

Próximo a la estación se encuentra el punto de la Red Geodésica de Alta precisión CVC- Univalle denominado ANACARO-GPS 25 (ver Figura 56) con las siguientes especificaciones:

Coordenadas planas:

- Norte: 1020892.326 m
- Cota: 908.605 msnm
- Este: 1122994.10 m

Figura 54. Esquema del tramo la victoria – Anacaro –la Virginia



### Comentarios

- La mira de referencia para el nivel inicial y final de aforo, así como para la lectura diaria de niveles se encuentra 150 m aguas arriba de la sección bajo el antiguo puente metálico.
- La estación es de fácil acceso.

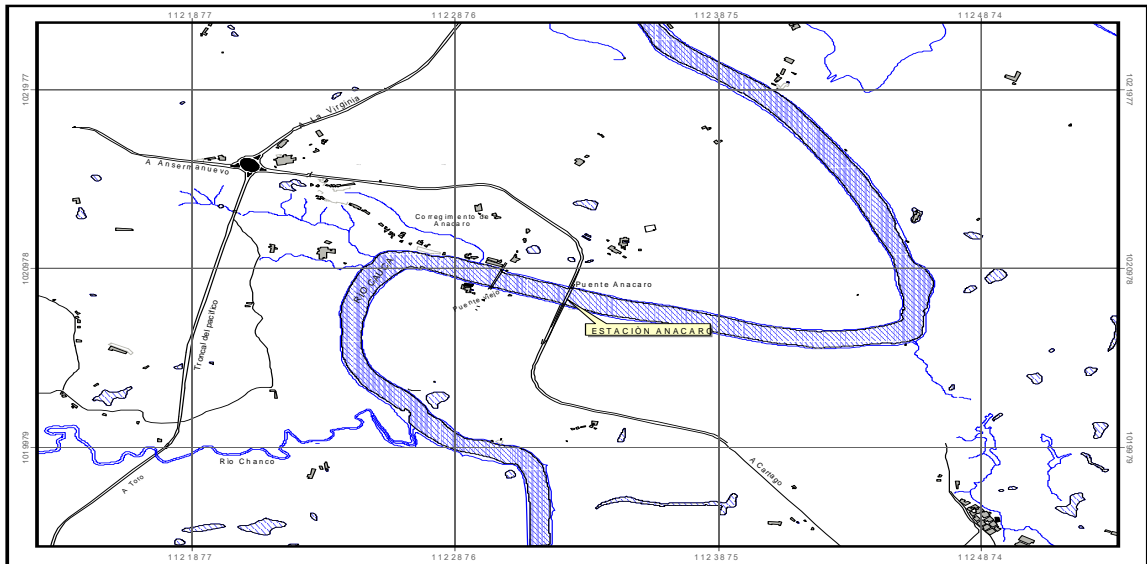
## UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Figura 55. Fotografía aérea sector estación Anacaro



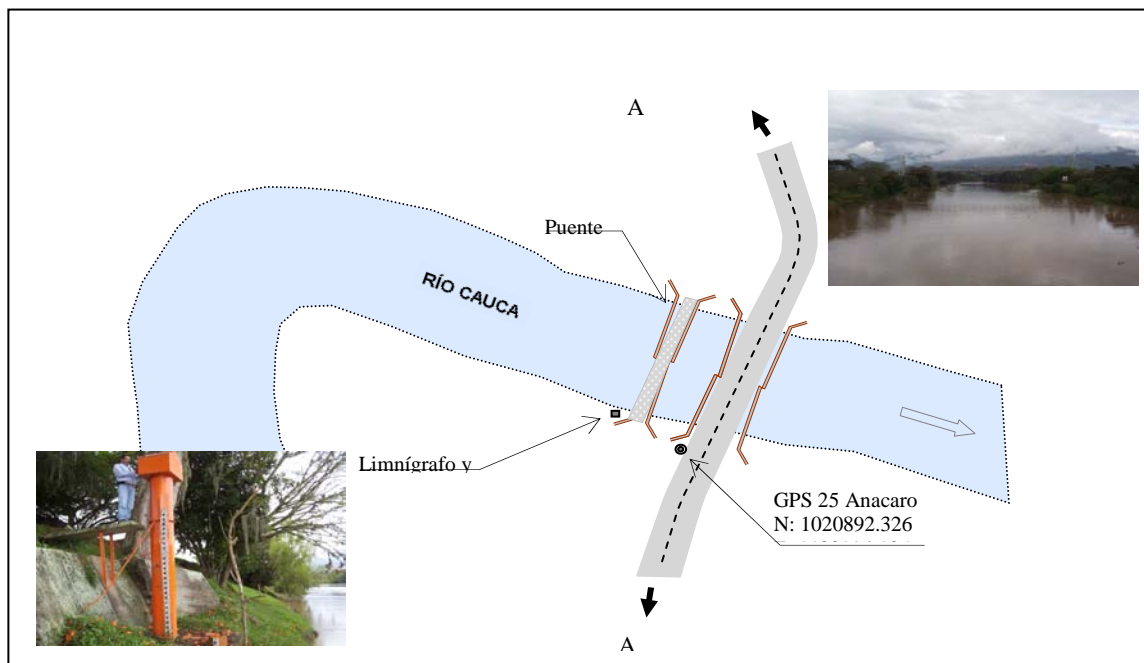
Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

Figura 56. Ubicación general de la estación hidrométrica de Anacaro



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

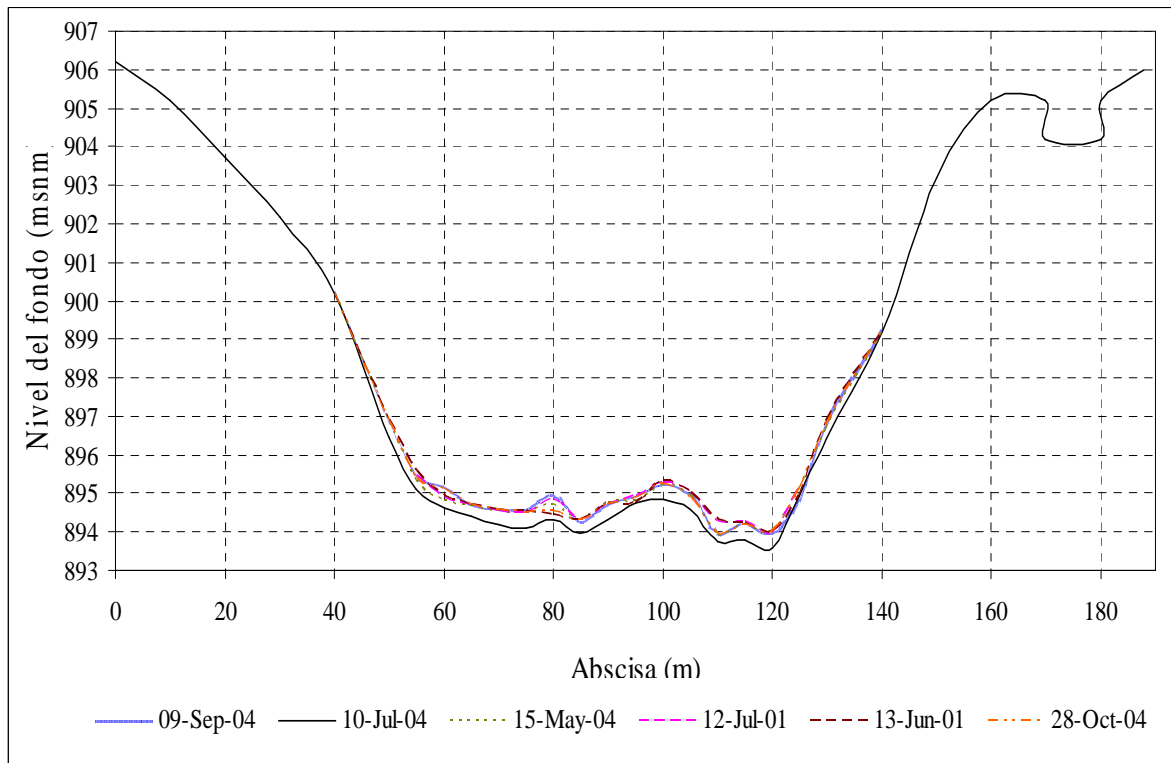
Figura 57. Esquema de de la sección de aforo en la estación hidrométrica Anacaro.



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

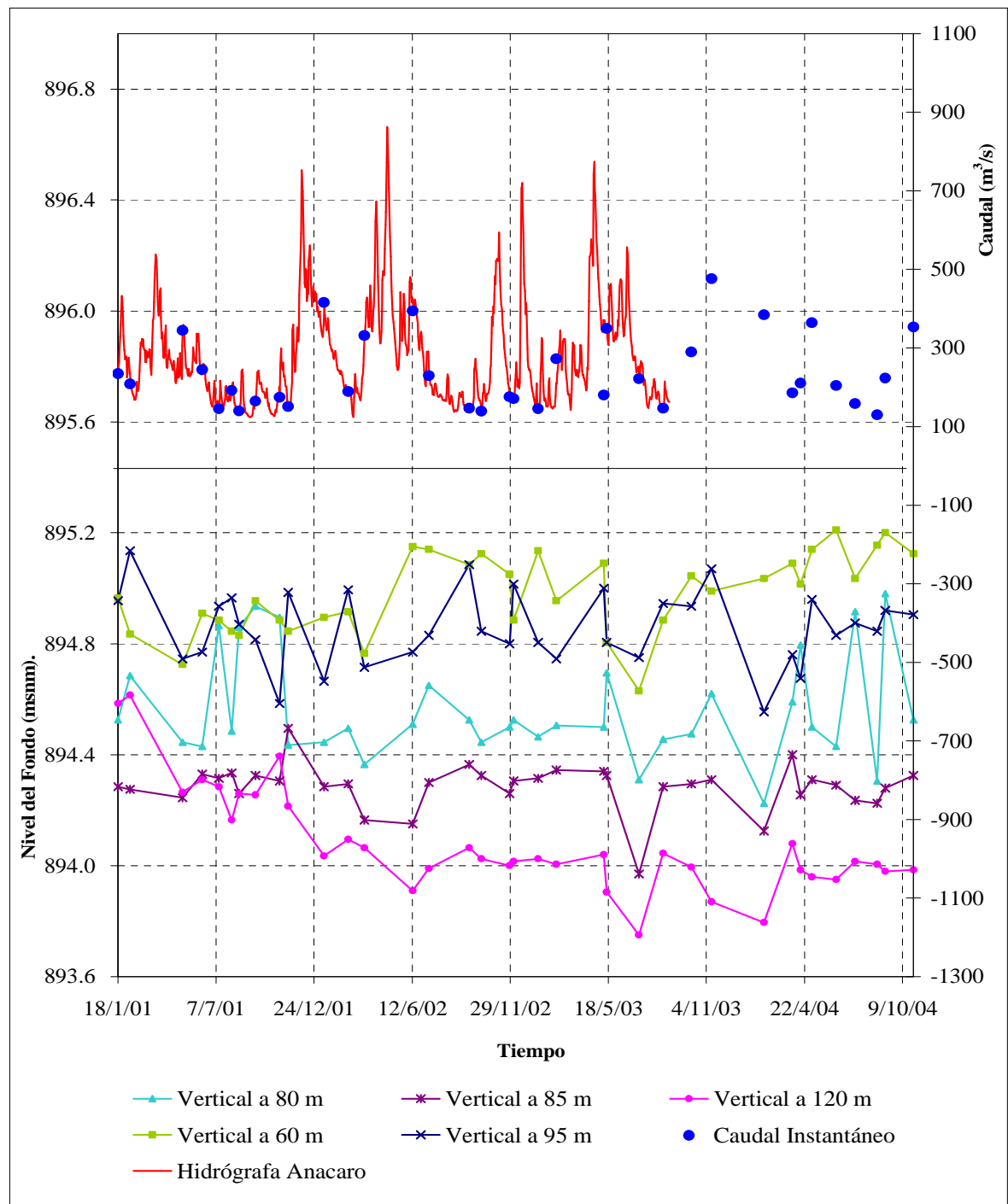


Figura 58. Secciones transversales en la estación Anacaro (2001 - 2004)



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

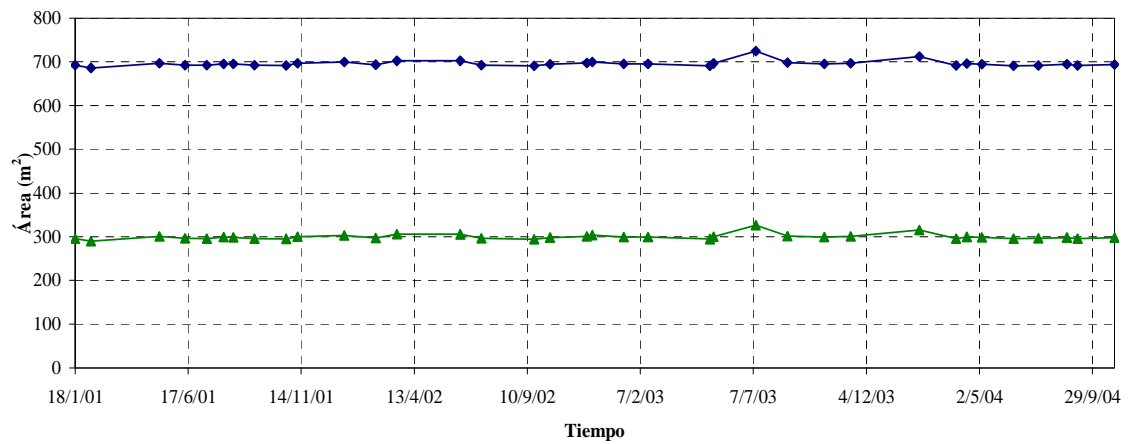
Figura 59. Variación en el tiempo del caudal y el nivel del fondo en diferentes verticales en la estación Anacaro (2001-2004)



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

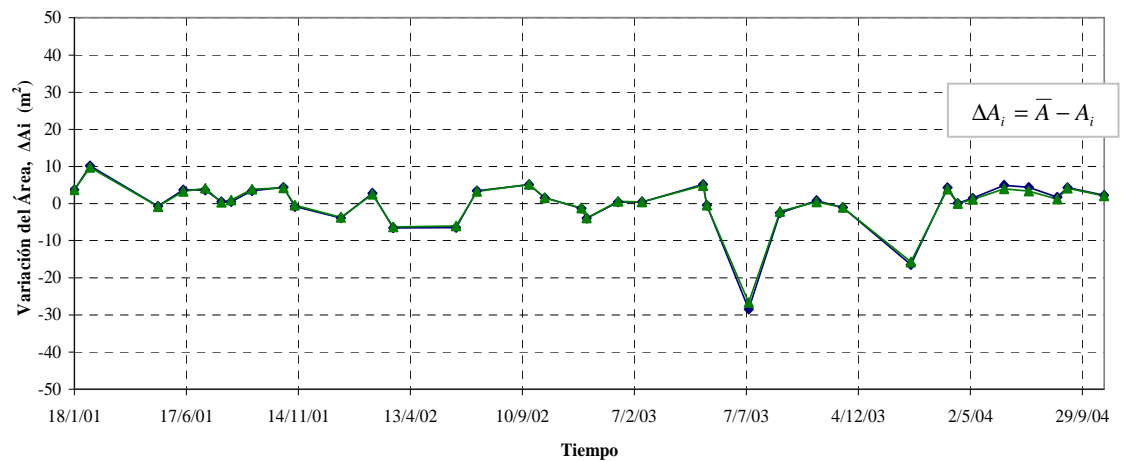
Variación en el tiempo del Área y Factor Hidráulico de la sección de aforo.  
Estación: Anacaro (2001-2004)

Figura 60. Variación en el tiempo del Área Hidráulica



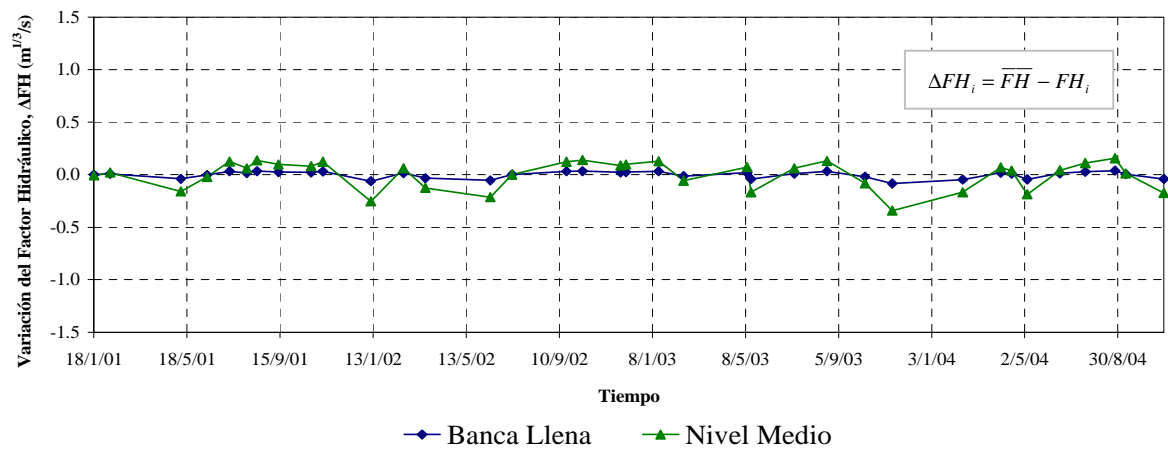
Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

Figura 58. Variación en el tiempo de Área con respecto al Área promedio de la sección.



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

Figura 61. Variación en el tiempo del Factor Hidráulico con respecto al Factor Hidráulico promedio de la sección



Fuente. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca

## Anexo O. Acuerdos De uso GOES

### Procedimientos para Aplicar al Uso del GOES DCS

- Restricciones y Elegibilidad

Acuerdos internacionales limitan frecuencias usadas por el GOES para la transmisión de datos medioambientales con una mínima cantidad de información administrativa del DCP. Los datos medioambientales son definidos como observaciones y medidas físicas, químicas o propiedades biológicas de océanos, ríos, lagos, tierra sólida, y/o atmósfera (incluso el espacio). Además todos los datos adquiridos a través del GOES DCS son considerados de dominio público. (Es decir a cualquiera que lo necesite) con excepción de ciertos usuarios privados quienes pueden solicitar tratamiento de propietario para recolectar datos si se reúnen las condiciones especiales. También, usuarios privados que deseen recolectar datos medioambientales que son útiles o necesarios para la implementación de programas del Gobierno Federal o Estatal o gobiernos locales pueden tener acceso al GOES DCS si ellos reúnen todos los otros pre requisitos para el uso del GOES DCS. Todo No-U.S. o usuario privado deberá presentar con su solicitud para usar el GOES DCS una declaración escrita de un responsable que indica que el responsable solicita todo o una parte de los datos recolectados para ayuda de su programa. Un responsable esta definido como una Agencia Federal Norteamericana o Estado Norteamericano o gobierno local.

- Petición de Aplicación

Una organización que cumple con los requisitos para la recolección de datos o que planea recolectar datos usando la capacidad del GOES DCS, debe pedir permiso formalmente para participar. Las peticiones deben mandarse por correo a:

Chief, Data Collection and Direct  
Broadcast Branch (E/SP21)  
National Environmental Satellite, Data,  
And Information Service  
National Oceanic and Atmospheric Administration  
NOAA Science Center, Room 806  
Washington, D.C. 20233

El posible usuario debe describir el uso brindado del DCS para ser examinado por el NESDIS. Un cuestionario se suministra para facilitar la presentación de la información necesitada para considerar la petición del usuario propiamente. Una

vez aprobada la petición del usuario para participar en el DCS, un Memorando de Acuerdo (MOA) será preparado. Hay tres tipos de MOA's: Un Memorando Internacional de Acuerdo , un Memorando Nacional de Acuerdo, y un Memorando de Acuerdo de fabricantes . (La principal diferencia en el proceso de los tres MOA's es el número de oficinas internas del NOAA que deben coordinar la aprobación del acuerdo. El MOA internacional requiere aprobación por el Administrador Asistente Delegado para satélites mientras que el MOA domestico y para fabricantes solo requiere la coordinación para la aprobación dentro de la oficina de la NESDIS de datos del satélite que procesan y distribuyen). El resultado neto es un largo período de tiempo requerido para procesar las solicitudes desde organizaciones Norteamericanas hasta las no Norteamericanas.

Subsiguiente al recibo del MOA realizado propiamente, NESDIS implementará un programa de usuario asignando una dirección DCP, canal, reporte de tiempos, y una identificación de usuario ID requerida. Es responsabilidad del usuario para obtener permiso de la autoridad de comunicaciones apropiada transmitir en la frecuencia asignada. El usuario es también responsable de completar una PDT por cada DCP asignado.

- Costos

Colección de datos medioambientales desde plataformas de usuarios y procesamiento de estos datos por diseminación usando los recursos del GOES DCS es sin cargo al usuario.

Esta afirmación no evita la posibilidad que en algún momento en el futuro una cuota de servicio de usuario alguna forma de cargo de servicio pueda ser solicitado a los usuarios del DCS. En la actualidad el usuario es responsable por los costos de las plataformas del sensor (tales como suministro, mantenimiento e instalación) y se exigen pruebas para establecer la conformidad para las especificaciones de funcionamiento del DCS. El usuario será también responsable del costo de las líneas de comunicación, equipo modem y terminales de datos necesarias para la diseminación de los datos desde la facilidad del CDA Wallops si un dial-link es usado.

- Lectura de Datos Directa desde el GOES DCS

Cualquier usuario, con sensatez, puede implementar una colección de datos directa recibiendo instalación y por consiguiente lograr lectura directa de los datos de respuesta de banda corta desde el GOES. La estación de lectura directa debe ser pasiva, es decir, solo recibe y no puede transmitir directamente al satélite. Esta instalación de lectura directa le permite al usuario ser independiente del sistema de tierra primario NESDIS. Sin embargo, el usuario exigirá adherir a las asignaciones del canal y programaciones coordinadas por el GOES DCS por NESDIS. De otra manera estos requerimientos, NESDIS no exige ningún acuerdo formal con el operador de una instalación de lectura directa. El operador de una

instalación de lectura directa debe estar informado de lo planeado ya que pueden ocurrir cambios súbitos en la configuración operacional del DCS. Es altamente recomendable que el operador de la instalación de lectura directa se sintonice en el sistema DAPS en una base regular para verificar cambios de status en el satélite.

- Fuentes de la Plataforma de Colección de Datos

Varias fuentes de DCP's, ambas domésticas e internacionales. Un listado de los fabricantes de DCP se suministra en el Apéndice H. Una palabra de advertencia es necesaria para esos solicitantes que deben considerar el uso de DCP's fabricados por firmas no americanas, puesto que las DCP's deben ser de tipo certificado por NESDIS para operar en la banda de frecuencia domestica GOES (401.7 a 402 MHz). Sin embargo, cualquier DCP certificado por un operador de satélite el cual es miembro de la Coordinación para Satélites Meteorológicos Geoestacionarios, podrá operar en canales internacionales (402.0 a 402.1 MHz) que son comunes para el GOES, METEOSAT, y GMS.

## Anexo P. Etapas del Proyecto

El proyecto consta de 6 etapas las cuales hacen referencia y siguen el modelo de ingeniería secuencia, en las cuales son:

- Levantamiento de Información en los puntos a monitorear establecidos por la CVC.
- Diseño estructural del sistema electrónico para las estaciones de calidad de agua.
- Fundamentación teórica.
- Estudio de mercado de instrumentación y selección de dispositivos.
- Plan de seguimiento y Control
- Manual de mantenimiento y calibración.

Etapas No. 1 (Levantamiento de Información en los puntos a monitorear establecidos por la CVC).

En esta etapa se hará una recolección de datos sobre el campo de trabajo e historiales de mediciones para hacer un mejor estudio y diseño del sistema, lo cual permitirán tomar las mejores decisiones en el desarrollo del diseño como tal.

En esta etapa se realizaran las siguientes actividades:

Salidas de campo a los sitios donde la CVC ubicara las estaciones, con el fin de establecer:

- Condiciones del proceso,
- Objetivos de las estaciones.
- Niveles de tensión en la red eléctrica.
- Características de uso.
- Especificaciones de diseño.

Reuniones con el laboratorio de la Corporación para conocer los rangos máximos y mínimos de los históricos de variables medidas sobre el Río Cauca por la red hidrológica.

Etapas No. 2 (Diseño estructural del sistema electrónico para las estaciones de calidad de agua).

En esta etapa se diseña el modelo del sistema basándose en el estudio realizado en la etapa anterior ya que es la base para el desarrollo del proyecto, en esta etapa se llevara a cabo el diseño del sistema electrónico, haciendo énfasis en cada uno de los bloques del sistema.



En esta etapa se realizaran las siguientes actividades:

- Diseño estructural del sistema electrónico.
- Diagrama de bloques del diseño.
- Descripción de funciones a realizar por cada subsistema.

Etapa No. 3 (Fundamentación teórica).

En esta etapa se buscan las diferentes técnicas de medición para los parámetros de calidad de agua y se selecciona la mejor de acuerdo a los datos obtenidos en la etapa uno.

En esta etapa se realizaran las siguientes actividades:

Estudio de técnicas de medición para los parámetros de calidad de agua.

- Oxígeno Disuelto.
- Ph.
- Conductividad.
- Turbidez.
- Temperatura.

Búsqueda de instrumentación basándose en la técnica más eficiente para la medición de cada parámetro.

Etapa No.4 (Selección de instrumentos y selección de dispositivos).

En esta etapa se realiza la búsqueda de los dispositivos e instrumentación necesarios para la implementación del diseño haciendo el respectivo estudio de características funcionales, y hacer la cotización de cada uno de los dispositivos seleccionados y hacer un ajuste de presupuesto dentro de la Corporación.

En esta etapa se realizaran las siguientes actividades:

- Exploración de instrumentación existente del mercado (sensores).
- Selección de todos los dispositivos necesarios para la implementación del sistema de acuerdo con los datos obtenidos en la etapa No 1.
- Cotización de dispositivos.
- Ajuste de presupuesto.

Etapa No.5 (Plan de seguimiento y Control).

En esta etapa se especificara el proceso de instalación del sistema de acuerdo a una normatividad que se establecerá, bajo qué condiciones se debe hacer el montaje y donde se debe hacer el montaje.

En esta etapa se realizaran las siguientes actividades:

- Establecer Normas de seguridad e instalación.
- Metodología de implementación (contratistas).

Etapa No.6 (Manual de mantenimiento y calibración).

En esta etapa se realizara la documentación de un manual de mantenimiento y calibración de equipos, el cual describa de manera puntual el procedimiento para hacer mantenimiento del sistema electrónico en las estaciones de calidad de agua.

En esta etapa se realizaran las siguientes actividades:

- Redacción del Manual de mantenimiento y calibración del sistema electrónico.

Santiago de Cali, 31 de Marzo de 2009

Ingeniero  
Juan Diego Pulgarin  
Coordinador Trabajo de Grado  
UAO.

Asunto: Entrega informe final.

Con la presente hago entrega del informe final de Pasantía Institucional, según resolución 6433 titulada “DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA SOBRE EL RÍO CAUCA EN LA RED AUTOMÁTICA DE MONITOREO DE LA CVC”, del cual soy director académico de proyecto, desarrollado por el estudiante Daniel Andrés Torres Trujillo, en la Empresa: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC, con una duración de seis meses; cumple satisfactoriamente en contenido y forma con lo planteado inicialmente en el anteproyecto.

Considerando lo anterior, ratifico que este proyecto ha sido revisado y aprobado por cumplir con los estándares de un proyecto de opción de grado.

De igual manera me permito solicitar la asignación de jurados y programar la fecha para la sustentación.

Atentamente,

---

Johnny Posada Contreras

Docente tiempo completo  
Departamento de Automática y Electrónica

Ingeniero  
Juan Diego Pulga Rin  
Coordinador Trabajo de grado  
UAO.

Asunto: Finalización Trabajo de grado.

Con la presente me permito informarle que el siguiente informe final de la pasantía titulada “DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA SOBRE EL RÍO CAUCA EN LA RED AUTOMÁTICA DE MONITOREO DE LA CVC”, desarrollado por el estudiantes Daniel Andrés Torres Trujillo con código 2045335, en la Empresa: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC, con una duración de seis meses; de la cual soy el asesor empresarial cumple satisfactoriamente en contenido inicialmente estipulado para el desarrollo del proyecto en la empresa.

De igual manera manifiesto que en el formato de evaluación CRC-1.8.3-0109-V1-2005 se consigno el nombre del proyecto como “AMPLIACION Y AUTOMATIZACION DE LA RED DE MONITOREO DE LA CVC”, el cual hace referencia al proyecto “DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA SOBRE EL RÍO CAUCA EN LA RED AUTOMÁTICA DE MONITOREO DE LA CVC” realizado por el estudiante, por normativas de la empresa.

Cordialmente,

---

Harold Orlando González Pabón  
CC. 16'584.787 de Cali

..